



DUVAR
KİTAPevi

ISBN: 978-625-7502-79-5

insac

NATURAL AND ENGINEERING SCIENCES

Yazarlar

- Chapter 1:** Ahmet Demiralp,
Chapter 2: Tayfun Abut,
Chapter 3: Ayşe Elif Ateş,
Chapter 4: Ayşe Elif Ateş,
Chapter 5: Naki Akçar, E. Vural Yavuz,
Chapter 6: Barış Kınacı, Çağlar Çetinkaya, Erman Çokduygulular,
Chapter 7: Hilal Surat,
Chapter 8: İkbâl Demet Nane,
Chapter 9: Barış Kantoğlu, Serenay Satılmış,
Chapter 10: Erhan Şener,
Chapter 11: Erhan Şener,
Chapter 12: Adile Akpınar,
Chapter 13: Gökhan Kızılışıköğlu, Ayfer Alper,
Chapter 14: Hatice Banu Kesinkaya, Cengiz Akküz,
Chapter 15: Hülya Sayğı,
Chapter 16: Tufan Gürkan Yılmaz, Fatih Karpaz,
Chapter 17: Mehmet Bektaş,
Chapter 18: Özgür Baser, Ergin Kiliç,
Chapter 19: Sabire Yerlikaya, Seyfullah Keleş,
Chapter 20: Onur Miran Öztekin, Naime Filiz Özdil,
Chapter 21: Fatma Tomul, Yasin Arslan,
Chapter 22: Yasin Arslan, Fatma Tomul,
Chapter 23: Büşra Kavasöğlu, Hülya Şen Arslan, Cemalettin Sarıçoban,
Chapter 24: Ahmet Yönetken, Ayhan Erol,
Chapter 25: Gülin Gençöğlu Korkmaz, Yasemin Gündoğdu,
Hamdi Şükür Kılıç, Hüseyin Kurt, Recai Kuş,
Chapter 26: Esen Hanaç,
Chapter 27: Hilal Surat,
Chapter 28: Ferda Karakuş,
Chapter 29: Furkan Dinçer

Editör

Doç. Dr. Gizem Mısıır

Dr. Mehmet Uzun



INSAC Natural and Engineering Sciences



Editörler

Doç. Dr. Gizem Mısıır
Dr. Mehmet Uzun



INSAC

Natural and Engineering Sciences

Doç. Dr. Gizem Mısır

Dr. Mehmet Uzun

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Baskı: Aralık 2021

Yayıncı Sertifika No: 49837

ISBN: 978-625-7502-79-5

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

Baskı ve Cilt: REPRO BİR

Repro Bir Mat Kağ. Rek. Tas. Tic. Ltd. Şti.

İvogsan 1518. Sokak 2/30 Mat-Sit iş Merkezi Ostim

Yenimahalle/Ankara

Sertifika No: 47381

INSAC Natural and Engineering Sciences

Editörler

Doç. Dr. Gizem Mısıır

Dr. Mehmet Uzun

Yazarlar

Chapter 1: Ahmet Demiralp,

Chapter 2: Tayfun Abut,

Chapter 3: Ayşe Elif Ateş,

Chapter 4: Ayşe Elif Ateş,

Chapter 5: Naki Akçar, E. Vural Yavuz,

Chapter 6: Barış Kınacı, Çağlar Çetinkaya, Erman Çokduygulular,

Chapter 7: Hilal Surat,

Chapter 8: İkbāl Demet Nane,

Chapter 9: Barış Kantoğlu, Serenay Satılmış,

Chapter 10: Erhan Şener,

Chapter 11: Erhan Şener,

Chapter 12: Adile Akpınar,

Chapter 13: Gökhan Kızılışıkoğlu, Ayfer Alper,

Chapter 14: Hatice Banu Kesinkaya, Cengiz Akköz,

Chapter 15: Hülya Sayğı,

Chapter 16: Tufan Gürkan Yılmaz, Fatih Karpaz,

Chapter 17: Mehmet Bektaş,

Chapter 18: Ozgur Baser, Ergin Kilic,

Chapter 19: Sabire Yerlikaya, Seyfullah Keleş,

Chapter 20: Onur Miran Öztekin, Naime Filiz Özdil,

Chapter 21: Fatma Tomul, Yasin Arslan,

Chapter 22: Yasin Arslan, Fatma Tomul,

Chapter 23: Büşra Kavasoglu, Hülya Şen Arslan, Cemalettin Sarıçoban,

Chapter 24: Ahmet Yönetken, Ayhan Erol,

Chapter 25: Gülin Gençoglu Korkmaz, Yasemin Gündoğdu, Hamdi Şükür

Kılıç, Hüseyin Kurt, Recai Kuş,

Chapter 26: Esen Hanaç,

Chapter 27: Hilal Surat,

Chapter 28: Ferda Karakuş,

Chapter 29: Furkan Dinçer

İletişim ve Çalışma Gönderim e-mail adresi:
insackongre@gmail.com

Editörün Notu

Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluğu yazarlara aittir.

Contents

Yazarlar	5
Editörün Notu	6
Contents	7
Chapter 01	21
Çok Durumlu Sistem Modellerinin Güvenilirlik Değerlendirmesi.....	21
(Ahmet Demiralp)	21
1. Giriş.....	23
2. Materyal ve Yöntem	25
2.1. Doğrusal Çok Durumlu Ardıl Bağlı Sistemler.....	25
2.2. Dairesel Çok Durumlu Ardıl Bağlı Sistemler	26
3. Uygulamalar	26
3.1. Doğrusal Sistem İçin Örnek.....	26
3.2. Dairesel Sistem İçin Örnek	28
4. Sonuç.....	29
5. Referanslar.....	30
Chapter 02.....	33
Bir Top ve Çubuk Sistemi için LQR ve LQG Kontrol Yöntemlerinin Tasarımı ve Simülasyonu	33
(Tayfun Abut)	33
1. Giriş.....	35
2. Top ve Çubuk Sistemin Modellenmesi.....	36
3. Kontrolör Tasarımı	39
3.1. Lineer Kuadratik Regulator (LQR) Kontrol Tasarımı	39
3.2. Kalman Filtresi Tasarımı	40
3.3. Lineer Kuadratik-Gauss (LQG) Kontrol Tasarımı	41
4. Simülasyon Sonuçları ve Tartışma	42
5. Sonuçlar.....	44
6. Referanslar	45

Chapter 03.....	47
Tekstil Endüstrisi Atıksularının Fenton, Elektro-Fenton, Foto-Fenton ve Fotoelektro-Fenton Prosesleriyle Arıtılması.....	47
(Ayşe Elif Ateş).....	47
1. Giriş.....	49
2. Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu	50
3. Tekstil Endüstrisi Atıksuyu Arıtma Yöntemleri	51
4. Fenton Prosesleri	52
4.1. Fenton Prosesi	52
4.2. Elektro-Fenton Prosesi	53
4.3. Foto-Fenton Prosesi	54
4.4. Fotoelektro-Fenton Prosesi	54
4.5. Fenton Prosesleriyle Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun Arıtılması	55
5. Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanılabilirliği	56
6. Referanslar	56
Chapter 04.....	61
Zeytin Endüstrisi Atıksu Arıtım Yöntemlerinin Karşılaştırılması	61
(Ayşe Elif Ateş).....	61
1. Giriş.....	63
1.1. Zeytin Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu	64
2. Zeytin Endüstrisi Atıksuyu Arıtım Yöntemleri	65
2.1. Islak Oksidasyon	65
2.2. Fenton Oksidasyonu	65
2.3. Ozonlama	66
2.4. Adsorpsiyon.....	66
2.5. Elektrokimyasal	67
2.6. Koagülasyon-Flokülasyon	67
2.7. Membran Teknolojisi.....	67
3. Sonuç.....	68
4. Referanslar	68
Chapter 05.....	73

Roma Antik Taş Ocakları İşletim Evrelerinin ¹⁰ Be Kozmojenik İzotop Yöntemi İle Saptanması: Kestanbol, KB Anadolu.....	73
(Naki Akçar, E. Vural Yavuz)	73
1. Giriş.....	75
2. Genel Bilgiler	76
3. Yerküresel Kozmojenik Nüklid (YKN) Yaş Tayini	78
3.1. Yerbilimlerinde YKN Uygulamaları.....	81
3.2. YKN'lerin Jeoarkeolojik Problemlere Uygulanması	86
3.3. YKN analizleri: Numune hazırlanması	89
3.3.1. Örnekleme.....	90
3.3.2.Laboratuvar Çalışmaları	92
3.4.Karbon Ondört (14C)Yaş Tayini.....	93
4. Sonuçlar.....	94
5. Kaynaklar.....	101
Chapter 06.....	109
Observation of Anomalous Dielectric Behavior in the Wide Temperature Range of MIS Structure with STO Interlayer	109
(Barış Kınacı, Çağlar Çetinkaya, Erman Çokduygulular)	109
1. Introduction.....	111
2. Material and Method	112
3. Results.....	112
4. Concluding Remarks.....	116
5. References	116
Chapter 07.....	121
Estetik ve Fonksiyonel Amaçlarla Kullanılan İstilacı Türler	121
(Hilal Surat).....	121
1. Giriş.....	123
2. Estetik ve Fonksiyonel Amaçlı Kullanılan Bazı İstilacı Süs Bitkileri	125
Acacia longifolia	127
Acer platanoides L.	127
Ailanthus altissima (P. Mill.) Swingle.....	127

<i>Albizia julibrissin</i>	128
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	128
<i>Bellis perennis</i>	128
<i>Berberis thunbergii</i> DC.....	129
<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) L'Hér. ex Vent.	129
<i>Buddleja davidii</i>	129
<i>Campanula rapunculoides</i> L.	129
<i>Cirsium arvense</i>	130
<i>Frangula alnus</i> Mill.	130
<i>Hedera helix</i> L.	130
<i>Hypericum perforatum</i>	131
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	131
<i>Lantana camara</i> L.	131
<i>Ligustrum sinense</i> Lour.....	132
<i>Lonicera japonica</i> Thunb. ex Murray.....	132
<i>Melia azedarach</i>	133
<i>Nandina domestica</i> Thunb.	133
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.....	133
<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Sieb. & Zucc. ex Steud.....	133
<i>Phoenix canariensis</i>	134
<i>Pinus pinaster</i> Soland.	134
<i>Rhamnus cathartica</i> L.	134
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.....	134
<i>Rhododendron ponticum</i>	135
<i>Rosa multiflora</i> Thunb.	135
<i>Rubus discolor</i> Weihe & Nees.....	135
<i>Spiraea japonica</i> L. f.	136
<i>Tamarix ramosissima</i>	136
<i>Ulex europaeus</i>	136
<i>Vinca major</i> L.....	137
<i>Wisteria sinensis</i> (Sims) DC.	137

3. Sonuç ve Öneriler	137
4. Referanslar	139
Chapter 08	143
Kozmetoloji Dünyasında Nanoteknolojinin Rolü	143
(İkbal Demet Nane)	143
1. Giriş	145
1.1. Lipozomlar	147
1.2. Kübozomlar	148
1.3. Dendrimler	148
1.4. Nanokristaller	148
1.5. Katı Lipit Nanopartikül	149
1.6. Nanoemülsiyonlar	149
1.7. Hidrojeller	149
1.8. Bucky Küresi (Buckminsterfullerene) C60	150
1.9. Niozomlar	150
1.10. Gümüş Nano ve Altın Nano Partiküller	150
1.11. Transferozomlar	150
1.12. Nanokapsüller	151
1.13. Nanoyapılı lipid taşıyıcılar	151
1.14. Etazomlar	151
2. Referanslar	152
Chapter 09	157
Yeşil Tedarik Zincirinde Bulanık AHP Yaklaşımı İle Sürdürülebilirlik Analizi	157
(Barış Kantoğlu, Serenay Satılmış)	157
1. Giriş	159
1.1. Yeşil Tedarik Zinciri	160
1.2. Sürdürülebilirlik	160
1.3. Literatür Araştırması	161
2. Materyal ve Yöntem	162
3. Bulgular ve Tartışma	165
4. Sonuç	167

5. Referanslar.....	168
Chapter 10.....	171
Beyşehir Gölü Yüzey Suyu Sıcaklığının Zamansal ve Mekansal Değişimlerinin Landsat 8 OLI/TIRS Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi	171
(Erhan Şener).....	171
1. Giriş.....	173
2. Materyal ve Metod.....	174
2.1. Çalışma Alanı	174
2.2. Veri	176
2.3. Metod	181
3. Araştırma Bulguları	183
4. Sonuçlar ve Tartışma.....	187
5. Kaynaklar.....	188
Chapter 11.....	193
Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Zamansal ve Konumsal Meteorolojik Kuraklık Analizi: Antalya İli (Türkiye) Örneği	193
(Erhan Şener).....	193
1. Giriş.....	195
1.1. Çalışma Alanının Tanıtılması	196
1.2. Yöntem	197
1.3. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI)	197
2. Bulgular ve Tartışma.....	199
3. Sonuçlar.....	207
4. Referanslar.....	208
Chapter 12.....	211
Biyolojik Materyaller, Örümcek ağları.....	211
(Adile Akpınar)	211
1. Giriş.....	213
2. Örümcekler ve ağları.....	213
3. Kaynaklar.....	216
Chapter 13.....	219

Oyun videolarının Ortaöğretim Öğrencilerinin Şiddete Yönelik Davranışlarına Etkileri.....	219
(Gökhan Kızılışıkoğlu, Ayfer Alper)	219
1. Giriş.....	221
1.1. Araştırmanın amacı.....	222
2. Yöntem	222
2.1. Araştırma modeli	222
2.2. Evren ve örneklem	223
2.3. Veri toplama araçları.....	223
3. Bulgular.....	224
3.1. Araştırmaya ilişkin nitel bulgular	225
3.1.1. Oyun videolarının içerik analizine ilişkin bulgular	225
3.2. Araştırmaya ilişkin nicel bulgular	227
3.2.1. Öğrencilerin sosyal medya platformlarında yayınlanan oyun videolarını izlemelerine yönelik bulgular.....	227
3.2.2. Öğrencilerin oyun videolarını izlemek için günlük ortalama ne kadar zaman harcadıklarına yönelik bulgular.....	228
3.2.3. Öğrencilerin oyun videolarını izleme sebeplerine yönelik bulgular.....	228
3.2.4. Öğrencilerin covid-19 pandemi sürecinde oyun videosu izleme alışkanlıklarına yönelik bulgular	229
3.2.5. Oyun videolarının öğrenciler tarafından en çok izlendiği sosyal medya platformlarına yönelik bulgular.....	229
3.2.6. Öğrencilerin izledikleri oyun videolarının içeriğinden, yapılan sohbetlerden, oynanan oyundan, yayıncının kimliğinden vb. Ebeveynlerinin bilgisine yönelik bulgular	229
3.2.7. Öğrencilerin oyun videolarında maruz kaldığı şiddet unsurlarını sosyal ilişkilerine yansıtmalarına yönelik bulgular.....	230
3.2.8. Oyun videolarında öğrencileri rahatsız eden unsurlara yönelik bulgular	230
3.2.9. Oyun videolarını izleme davranışları ile şiddet eğilim puanları arasındaki ilişkiye yönelik bulgular	230
3.2.10. Oyun videoları izlemeye ayrılan süre ile öğrencilerin şiddet eğilim puanları arasındaki ilişkiye yönelik bulgular	231
4. Sonuç.....	232
5. Referanslar	232

Chapter 14.....	241
Atık Sulardan Ağır Metal İyonlarının Uzaklaştırılmasında Alglerin Kullanımı	241
(Hatice Banu Kesinkaya, Cengiz Akköz)	241
1. Giriş.....	243
1.1. Alglerin Soğurum Mekanizmaları	245
1.2. Hücre Metabolizmasına Bağlılığına Göre Soğurum Mekanizmaları.....	246
1.2.1. Metabolizmaya Bağlı Soğurum	246
1.2.2. Metabolizmadan Bağımsız Soğurum	246
1.3. Metalin Bulunduğu Yere Göre Soğurum Mekanizmaları.....	247
1.3.1. Hücre Zarı İçine Taşınım	247
1.3.2. Fiziksel Tutunma	247
1.3.3. İyon Değişimi.....	247
1.3.4. Karmaşık Oluşumu	248
1.3.5. Çökelme	248
2. Sonuç.....	248
3. Kaynaklar.....	250
Chapter 15.....	255
Dünya’da ve Türkiye’de Organik Tarım İstatistikleri.....	255
(Hülya Saygı)	255
1. Giriş.....	257
2. Dünyada Organik Tarım Üretimi.....	258
3. Türkiye’de Organik Tarım Üretimi	260
3.1. Organik Sebze Üretimi.....	261
3.2. Organik Meyve Üretimi	262
3.3. Organik Tarla Bitkileri	262
3.4. İthalat ve İhracat Verileri	262
4. Türkiye’de İç Pazarının Genel Durumu.....	265
5. Sonuç.....	265
6. Referanslar	266
Chapter 16.....	269

A Comparison: Root Stress Analysis of Involute Spur Gear with Asymmetric Involute and Asymmetric Trochoid	269
(Tufan Gürkan Yılmaz, Fatih Karpat)	269
1. Introduction.....	271
2. Design of Asymmetric and Asymmetric Trochoid Gears	273
3. Interference analysis.....	276
4. Interference analysis.....	277
5. Results and discussion	278
6. Conclusion.....	280
7. References	280
Chapter 17.....	283
A Preliminary Microbiological Study for Entomology Museums: Isolation of Bacterial Microbiota from <i>Dytiscus</i> spp. (Coleoptera: Dytiscidae)	283
(Mehmet Bektaş).....	283
1. Introduction.....	285
2. Material and Methods	286
3. Results and Discussion	286
4. Acknowledgement.....	287
5. References	287
Chapter 18.....	289
Exoskeleton Robot Design Using Hybrid Actuators – A Review Study	289
(Ozgur Baser, Ergin Kilic)	289
1. Introduction.....	291
2. Exoskeleton Robot Development Studies and Discussions	291
3. Conclusion.....	298
4. Referanslar.....	299
Chapter 19.....	301
Tahıl ve Ürünlerinde Mikrobiyolojik Bozulmalar	301
(Sabire Yerlikaya, Seyfullah Keleş).....	301
1. Giriş.....	303

2. Tahıl Ürünleri.....	304
3. Tahıllarda Meydana Gelen Mikrobiyolojik Bozulmalar	306
3.1. Unda Mikrobiyolojik Bozulmalar	307
3.2. Hamurda Mikrobiyolojik Bozulmalar.....	307
3.3. Ekmekte Mikrobiyolojik Bozulmalar.....	308
3.4. Kek ve Yaş Pastalarda Mikrobiyolojik Bozulmalar	310
3.5. Makarna ve Benzeri Ürünlerde Mikrobiyolojik Bozulmalar	311
3.6. Kahvaltılık Gevreklerde Mikrobiyolojik Bozulmalar	312
4. Bozulmaya Neden Olan Maya- Küfler.....	313
4.1. Penicillium Küfü.....	313
4.2. Candida Mayası	315
5. Sonuç.....	316
6. Kaynaklar.....	317
Chapter 20.....	321
The Contrast on the Prediction of Monthly Mean Daily and Hourly Global Solar Radiation Using an Artificial Neural Network for İstanbul Province, Turkey.....	321
(Onur Miran Öztekin, Naime Filiz Özdil)	321
Abstract.....	323
1. Introduction.....	323
2. Materials and Methods.....	327
2.1. Meteorological Data	328
2.2. Artificial Neural Network	328
2.3. Lavenberg-Marquardt Algorithm (LM).....	329
2.4. Mostly Used Equations in the Literature	329
3. Result and Discussion	330
4. Conclusions	333
5. References	334
Chapter 21.....	337
Biyoaktif Mezogözenekli Bakır Yükleli Kalsiyum Silikat Malzemelerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	337

(Fatma Tomul, Yasin Arslan)	337
1. Giriş.....	339
2. Deneysel Çalışmalar	340
2.1. Kimyasal Malzemeler	340
2.2. Biyoaktif Mezgözenekli Bakır Yüklmeli Kalsiyum Silikat Malzemelerin Hazırlanması	340
2.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	340
2.4. Azot Adsorpsiyon/Desorpsiyon İzotermi	340
2.5. X-Işını Kırınım (XRD) Analizi	341
2.6. Isıl Kararlılık	341
2.7. Fourier Dönüştürme Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi	341
2.8. Yapay Vücut Sıvısında (in vitro) Biyolojik Aktivite Çalışmaları	341
2.9. Morfolojik ve Mikroyapısal Özellikler	341
2.10. Yapay vücut sıvısında (in vitro) biyolojik aktivite çalışmaları sonuçları	346
3. Referanslar	347
Chapter 22.....	349
Kitosan Katkılanmış Karbon Nanotüplerin Metal Adsorpsiyonunda Kullanımı	349
(Yasin Arslan, Fatma Tomul)	349
1. Giriş.....	351
1.1. Ağır Metal Kirliliği	351
1.2. Ağır Metallerin Örneklerden Uzaklaştırılma Yöntemleri	352
1.3. Karbon Nanotüpler	352
1.4. Nanokompozitler	353
1.5. Kitosan Katkılı Karbon Nanotüpler	353
2. Materyal ve Yöntem	354
2.1. Kimyasal Malzemeler	354
2.2. Kitosan Katkılı Karbon Nanotüp Hazırlanması	354
2.3. Adsorpsiyon Çalışmaları	355
3. Araştırma Bulguları ve Tartışma	355
4. Referanslar	356

Chapter 23.....	359
Biyosensörlerin Gıda Endüstrisinde Kullanımı.....	359
(Büşra Kavasoglu, Hülya Şen Arslan, Cemalettin Sarıçoban).....	359
1. Giriş.....	361
2. Su ve Su Ürünlerinde Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar.....	363
3. Et ve Et Ürünlerinde Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar.....	368
4. Tahıl ve Tahıl Ürünlerinde Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar.....	370
5. Zeytinyağında Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar.....	372
6. Referanslar.....	374
Chapter 24.....	383
Elektrik Akımsız Ni kaplanarak üretilen Seramik-Metal Kompozitlerin Borlanarak Mekanik Özelliklerinin Araştırılması.....	383
(Ahmet Yönetken, Ayhan Erol).....	383
1. Giriş.....	385
2. Materyal ve Metod.....	386
3. DeneySEL Bulgular.....	387
3.1. Yoğunluk.....	387
3.2. Mikrosertlik.....	388
3.3. SEM analizi.....	388
3.4. X-Işınları analizi.....	389
4. Tartışma ve Sonuç.....	390
5. Referanslar.....	391
Chapter 25.....	395
Discrimination of the Volcanic Units Using Calibration-Free Laser Induced Breakdown Spectroscopy (CF-LIBS).....	395
(Gülin Gençoglu Korkmaz, Yasemin Gündoğdu, Hamdi Şükür Kılıç, Hüseyin Kurt, Recai Kuş).....	395
1. Introduction.....	397
2. Experimental Setup.....	399
3. Results and Discussion.....	400
3.1. Petrography and Classification of the Rocks.....	400

3.2. LIBS data and PCA diagrams of the rocks	404
3.3. Plasma characterization	408
4. Conclusions	411
5. References	412
Chapter 26.....	419
Existence of Travelling Wave Solution in Science	419
(Esen Hanaç)	419
1. Introduction.....	421
2. Establishment Of Solutions For Traveling Waves	423
3. Conclusion.....	427
4. References	427
Chapter 27	430
Festivallerin Kırsal Turizm Çekiciliği Kapsamında Ele Alınması	430
(Hilal Surat).....	430
1. Giriş.....	432
2. Yerel Etkinlikler.....	433
2.1. Festival Kavramı	434
2.2. Bir Kırsal Turizmde Tanıtım Aracı Olarak Festivallerin Önemi, Etkileri ve Katkıları	436
3. Sonuç ve Öneriler	440
4. Referanslar	441
Chapter 28.....	447
Potential use of Industrial Hemp in Ruminant Feeding	447
(Ferda Karakuş)	447
1. Introduction.....	449
2. Industrial Hemp as a Feed Source for Ruminants	449
3. Conclusions	454
4. References	454
Chapter 29.....	459
Kahramanmaraş Lokasyonunda Bulunan Bir Güneş Enerjisi Santralinin Değerlendirme Raporu	459

(Furkan Dinçer)	459
1. Giriş.....	461
2. Çelik Konstrüksiyon	462
3. Aydınlatma Direği, Kamera, Telçit.....	466
4. Paneller, İnvertörler, Trafo ve Şalt Ekipmanları.....	467
5. Sonuç ve Öneriler	471
6. Referanslar	472



Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 01



**Çok Durumlu Sistem Modellerinin Güvenilirlik
Değerlendirmesi
(Ahmet Demiralp)**

Çok Durumlu Sistem Modellerinin Güvenilirlik Değerlendirmesi*

Ahmet Demiralp

Harran Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü,

E-mail:ahmt.dmrp@gmail.com,

Orcid: 0000-0002-0981-7215

**Bu çalışma, 29 Haziran-02 Temmuz 2021 tarihleri arasında Tokat'ta düzenlenen "II. Uluslararası Uygulamalı İstatistik Kongresi" adlı sempozyumunda sunulan bildirinin gözden geçirilmiş halidir.*

1. Giriş

Sistemler ve sistemleri oluşturan bileşenlerin durumları için çalışma ve çalışmama şeklinde hep iki varsayım söz konusuydu. Bundan dolayı sistemin yapı fonksiyonu ikili değişkenlerin bir ikili fonksiyonu şeklinde tanımlanmasına neden olmaktadır. Bu şekilde ele alınan sistem güvenilirlik modelleri ikili sistem güvenilirlik modelleri olarak adlandırılır.

İkili sistem güvenilirlik modelleri yaygın olarak güvenilirlik mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. İkili sistem modelleri, çeşitli mühendislik sistemlerinin güvenilirliğinin arttırılmasında önemli bir rol oynamıştır. Ancak, bazı mühendislik sistemleri için ikili varsayım, her birinin yaşayabileceği olası durumları doğru bir şekilde temsil etmediği ortaya çıkmıştır. En basit haliyle güvenilirlik, bir cihazın belirli bir süre boyunca belirli koşullar altında istenen işlevlerini düzgün bir şekilde yerine getirebilme olasılığı olarak tanımlanırsa, bir cihazın tatmin edici performansını tanımlamak için, örneğin mükemmel, ortalama ve zayıf olmak üzere ikiden fazla memnuniyet düzeyi kullanmamız gerekmektedir. Dolayısıyla, performansı ikiden fazla olası düzeyde modellenebilen sistem ve bileşenleri modellemek için çok durumlu sistem güvenilirlik modelleri ortaya çıkmıştır.

Çok durumlu bir sistem modelinde, hem sistem hem de bileşenler ikiden fazla performans düzeyi gösterebilir. Başka bir deyişle, bir sistemin ve bileşenlerinin $M + 1$ olası durum için, $0, 1, 2, \dots, M$ olabileceğini söylüyoruz, bu durumda burada 0 tamamen başarısız durumu, M mükemmel çalışma durumunu ve aradaki diğer durumlar ise bozulmuş durumları gösterir. Bu tür varsayımlarla ayrık çok durumlu bir sistem modeli elde ederiz çünkü her bileşenin ve sistemin durumu tamsayılarla temsil edilebilir (Kuo ve Zuo, 2013,syf.452).

Griffith(1980), çok durumlu sistem modellerinin aksiyomatik bir gelişimini sunmuştur. Natvig(1982), çok durumlu tutarlı bir sistemin nasıl tanımlanacağına dair öneriler sunmuştur. Neweihi ve Proschan(1984), bileşenlerin ve sistemlerin mükemmel işlevden tam arızaya kadar birçok durumu üstlenebileceği daha karmaşık ve daha gerçekçi modelleri ele alan son makalelerin bir anketini sunmuşlardır. Aven(1985), s-bağımsız çok durumlu bileşenlere sahip monoton çok durumlu sistemlerin güvenilirlik değerlendirmesi için iki verimli algoritma sunmuştur. Hwang ve Yao(1989), n -den ardıl k -çıkışlı hatalı sistemler için önerilen yaklaşımı, bileşenlerin çok durumlu olma durumları için geliştirmiştir. Boedigheimer ve Kapur(1994), çok durumlu tutarlı sistemler için güvenilirlik modellerini geliştirirken müşteri etkileşimini incelemişlerdir. Müşteri, herhangi bir bileşenin durumundaki bir değişikliğin sistemin durumunda bir değişikliğe neden olduğunu belirtmiştir. Yazarlar da bu bilgiler ışığında müşterinin yapı fonksiyonunu geliştirmek ve her sistem durumunun olasılığını hesaplamak için bir metodoloji sunmuşlardır. Veeraraghavan ve Trivedi(1994), birbirine bağlı bileşen durum geçişlerine izin veren, çok durumlu bileşenlerle uyumlu onarılabilir sistemlerin birleşik performans ve güvenilirlik analizi için bir birleşimsel algoritma önermişlerdir. Zuo ve Liang(1994), dairesel çok durumlu ardıl bağlı sistemlerin güvenilirliği için etkin bir algoritma geliştirmişlerdir. Kossow ve Preuss(1995), doğrusal çok durumlu ardıl bağlı sistemlerin güvenilirliği için yinelemeli yöntem önermişlerdir. Malinowski ve Preuss(1995), dairesel çok durumlu ardıl bağlı sistemlerin güvenilirliği için yinelemeli yöntem önermişlerdir Xing ve Dai(2008), çok durumlu bileşenlere sahip çok durumlu sistemlerin analizi için çok durumlu çok değerli karar diyagramları adı verilen yeni bir karar diyagramı tabanlı yöntem önermişlerdir. Yingkui ve Jing(2012), çok durumlu sistem güvenilirliği hakkında yeni ve sistematik bir inceleme sunmuşlardır. Çok durumlu sistem güvenilirliği değerlendirmesi, çok durumlu sistem optimizasyonu ve çok durumlu sistemlerin bakımı ile ilgili en son çalışmalar ve gelişmeler bu çalışmada özetlenmiştir. Eryılmaz(2014), çok durumlu sistem modellerinin güvenilirliklerinden ziyade çalışmasında yaşam sürelerini incelemiştir. Vujošević vd.(2017), çok durumlu sistemlerde, çok durumlu bileşenlerin belirlenmesine yönelik bir güvenilirlik optimizasyon probleminin çözülmesine dayanan yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Qu vd.(2021), doğrusal çok durumlu ardıl bağlı sistemler için literatür taraması yapmışlardır.

Bu çalışmada ilk olarak çok durumlu sistem modelleri tanıtarak literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra doğrusal ve dairesel ardışık sistemler tanıtarak güvenilirlik yöntemleri verilmiştir. Sonraki bölümde verilen yöntemler için uygulamalar yapılarak güvenilirlik hesaplarına ait detaylara yer verilmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışma özetlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çok durumlu bileşenlere sahip ardışık bağlı sistemleri ele sistemler ele alınmıştır. Örnekleme için, kaynak 0, alıcı t ve arızaya açık dört bileşenle ardışık olarak bağlı bir sistem ele alınmıştır. Bu sistemde, 1-4 bileşenlerinin aktarım yetenekleri sırasıyla 3, 1, 2 ve 1'dir. Ardıl bağlı sistemdeki bileşenler, ikili veya çok durumlu olabilmektedir. Örneğin, bir bileşenin yalnızca iki olası durumla karşılaşılabileceğini varsayabiliriz (çalışıyor veya başarısız). Bu varsayım altında, bileşen 1 çalışırken, bileşen 2, 3 ve 4'e ulaşabilir ve arızalandığında herhangi bir işlevi yerine getiremez. Bir bileşenin ikiden fazla olası durumu deneyimleyebileceğini de varsayabiliriz. Örnek olarak bileşen 1'i ele alalım. Durum 3'teyken, bileşenler 2, 3 ve 4'e ulaşabilir. Durum 2'deyken yalnızca bileşenler 2 ve 3'e ulaşabilir. Durum 1'deyken, yalnızca 2. bileşene ulaşabilir. 0 durumundayken ise başka hiç bir bileşene ulaşamaz. Bu varsayımların her ikisinde de sistemin sadece iki olası durumu olduğunu düşünüyoruz. Kaynaktan hedefe çalışan bileşenlerin bir bağlantısı olduğunda, sistem çalışıyordur; aksi takdirde sistem başarısız olur. Bileşenler çok durumlu olduğunda, bu tür sistemler çok durumlu ardışık bağlı sistemler olarak adlandırılmaktadır. Şimdi çok durumlu ardışık bağlı sistemlerin hem doğrusal hem de dairesel olma durumlarını inceleyeceğiz.

2.1. Doğrusal Çok Durumlu Ardıl Bağlı Sistemler

İkili sistem durumları ve çok durumlu bileşenleri ile doğrusal ardıl bağlı sistemler Hwang ve Yao (1989) tarafından verilmiştir. Bu sistem 0.bileşen (kaynak) ve $n + 1$.bileşenler (hedef), diğer bileşenler arızaya ve bozulmaya maruz kalırken mükemmel durumda olan $0, 1, \dots, n + 1$ bileşenlere sahiptir. Bu bileşenler bir doğru boyunca sıralanırlar. i .bileşen $k_i + 1$ mümkün durumdan biri olabilir. Sıfır durumundayken tamamen hatalıdır. $1 \leq h \leq k_i$ için h durumundayken o doğrudan takip eden h bileşenlerine doğrudan bağlıdır. Söz konusu bu model, kendi bozulması veya güç kaynağındaki eksiklik nedeniyle bileşen iletim kapasitesinin azaltılabileceği durumu temsil etmek için kullanılabilir. Bileşenler ikiden fazla olası durumda olsa bile, sistemin hala ikili olduğuna dikkat edilmelidir. Sistem, ancak ve ancak, çalışan veya kısmen çalışan bileşenler aracılığıyla kaynaktan hedefe bir bağlantı varsa, çalışır durumda olarak tanımlanır.

Hwang ve Yao, sistem güvenilirlik değerlendirmesi için aşağıdaki formülü önermişlerdir.

$$f(0, j) = p_{0,j}, \quad 0 < j \leq k_0 \quad (1)$$

$$f(i, j) = f(i - 1, j) \sum_{h=i}^j p_{i,h} + p_{i,j} \sum_{h=i}^{j-1} f(i - 1, h),$$

$$i = 1, 2, \dots, n \text{ ve } i < j \leq \max_{0 \leq u \leq i} \{u + k_u\} \quad (2)$$

(1) ve (2) nolu denklemlerin de yardımıyla doğrusal çok durumlu sistemin güvenilirliği $f(n, n + 1)$ 'e eşittir.

2.2. Dairesel Çok Durumlu Ardıl Bağlı Sistemler

Bir dairesel çok durumlu ardıl sistem ancak ve ancak bir başka bileşene doğrudan veya dolaylı olarak ulaşabilen en az iki çalışan bileşen vardır (Hwang ve Yao, 1989). Hwang ve Yao, bu tanımları temel alarak Shanthikumar (1987) tarafından önerilen ikili bileşenlerden oluşan algoritmayı, çok durumlu bileşen sistemlerine genişletmiştir. Ortaya çıkan algoritma $O(mn^2)$ karmaşıklığa sahip olup, burada m , iki ardışık minimal kesen kümesi içindeki ortak bileşenlerin sayısıdır.

$K = \max_{0 \leq i \leq n} \{k_i\}$ ve m , en az elemanlı bir minimal kesen kümesindeki eleman sayısı sahip $O(Kmn)$ karmaşıklığı olan farklı bir algoritma geliştirilmiştir (Zuo ve Liang, 1994). Bu algoritma doğrusal çok durumlu ardıl sistemlerin alt sistemlerinin güvenilirliğini hesaplamak için Hwang ve Yao tarafından kullanılır.

Yukarıdaki bilgilerden ve notasyonlardan aşağıdaki eşitlik elde edilir (Hwang ve Yao, 1989).

$$f(i, j, l) = \begin{cases} p_{i,l} & i < l \leq i + k_i \\ f(i, j - 1, l) \sum_{h=j}^l p_{j,l} + p_{j,l} \sum_{h=j}^{l-1} f(i, j - 1, h) & i < j < l \leq \max_{i \leq u \leq j} \{u + k_u\} \end{cases} \quad (3)$$

i . bileşenin j . bileşene doğrudan veya dolaylı olarak ulaşabilme olasılığı,

$$R(i, j) = \sum_{l > j} f(i, j, l) \quad (4)$$

olup, bu $i, i + 1, \dots, j$. bileşenlerinden oluşan doğrusal çok durumlu sistemin güvenilirliğidir.

Dairesel çok durumlu sisteminin güvenilirliği,

$$R_C(n) = R(i, i) + \sum_{j=i+1}^{i+m-1} \left(\prod_{u=i}^{j-1} Q_{u,j} \right) \times \left[\sum_{t=1}^{l_j} \left(\prod_{v=1}^{t-1} Q_{C_j(v),j} \right) \left(1 - Q_{C_j(t),j} \right) R(j, C_j(t)) \right] \quad (5)$$

olup, burada $\prod_{v=1}^0 Q_{C_j(v),j} \equiv 1$ 'dir.

3. Uygulamalar

Bu bölümde, incelenen yöntemlere ait hesap detayları, iki örnek uygulama üzerinde açıklanmıştır. Uygulama detayları ilk olarak, doğrusal sistemler daha sonra ise dairesel sistemlere uyarlanmıştır.

3.1. Doğrusal Sistem İçin Örnek

Doğrusal ardıl sistemin güvenilirliğinin değerlendirilebilmesi için ilk olarak her bir bileşenin iletim kapasitesinin belirlenmesi gerekmektedir. Daha

sonra bileşenlerin iletim kapasiteleri toplamı 1 olacak şekilde olasılık değerleri belirlenmelidir. Bileşen sayısı $n = 5$ olduğundan nihai güvenilirlik değeri olan $R_L(5) = f(5,6)$ değerini hesaplanmıştır. Verdiğimiz yöntem yinelemeli bir denklem olduğu için hesaplamalar iteratif bir şekilde ilerleyecektir.

$$k_0 = 2, \quad k_1 = 3, \quad k_2 = 1, \quad k_3 = 2, \quad k_4 = 2, \quad k_5 = 1$$

şeklinde iletim kapasitelerini belirlenmiştir.

$$p_{0,0} = 0, \quad p_{0,1} = 0.4, \quad p_{0,2} = 0.6$$

$$p_{1,1} = 0.1, \quad p_{1,2} = 0.3, \quad p_{1,3} = 0.3, \quad p_{1,4} = 0.3$$

$$p_{2,2} = 0.3, \quad p_{2,3} = 0.7$$

$$p_{3,3} = 0.1, \quad p_{3,4} = 0.3, \quad p_{3,5} = 0.6$$

$$p_{4,4} = 0.2, \quad p_{4,5} = 0.3, \quad p_{4,6} = 0.5$$

$$p_{5,5} = 0.2, \quad p_{5,6} = 0.8$$

Her bir bileşenin iletim kapasitelerinin olasılıkları 1 e eşit olacak şekilde yukarıdaki gibi belirlenmiştir. $f(5,6)$ değerini hesaplayabilmek için; ilk olarak $f(1,2)$, $f(1,3)$, $f(1,4)$, $f(2,3)$, $f(2,4)$, $f(3,4)$, $f(3,5)$, $f(4,5)$, $f(4,6)$ ve $f(5,6)$ değerlerini bulmamız gerekmektedir. Diğer $f(i,j)$ değerleri tanım gereği 0'a eşittir. (2) ile verilen eşitlik yardımıyla;

$$\begin{aligned} f(1,2) &= f(0,2) \sum_{h=1}^2 p_{1,h} + p_{1,2}f(0,1) \\ &= p_{0,2}(p_{1,1} + p_{1,2}) + p_{1,2}p_{0,1} = 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(1,3) &= f(0,3) \sum_{h=1}^3 p_{1,h} + p_{1,3} \sum_{h=1}^2 f(0,h) \\ &= p_{1,3}(f(0,1) + f(0,2)) = p_{1,3}(p_{0,1} + p_{0,2}) = 0.3 \end{aligned}$$

$$f(1,4) = p_{1,4}(f(0,1) + f(0,2)) = p_{1,4}(p_{0,1} + p_{0,2}) = 0.3$$

$$f(2,3) = f(1,3) + p_{2,3}f(1,2) = 0.3 + (0.7)(0.36) = 0.552$$

$$f(2,4) = f(1,4) \sum_{h=2}^4 p_{2,h} = (0.3)(0.3 + 0.7 + 0) = 0.3$$

$$f(3,4) = f(2,4)(p_{3,3} + p_{3,4}) + p_{3,4}f(2,3) = 0.3 + (0.3)(0.552) = 0.4656$$

$$f(3,5) = f(2,5) + p_{3,5}(f(2,3) + f(2,4)) = 0.6(0.552 + 0.3) = 0.5112$$

$$\begin{aligned}
 f(4,5) &= f(3,5)(p_{4,4} + p_{4,5}) + p_{4,5}f(3,4) = (0.5112)(0.5) + (0.3)(0.4656) \\
 &= 0.39528 \\
 f(4,6) &= p_{4,6}(f(3,4) + f(3,5)) = (0.5)(0.4656 + 0.5112) = 0.4884 \\
 R_L(5) &= f(5,6) = f(4,6) + p_{5,6}f(4,5) = 0.4884 + (0.8)(0.39528) \\
 &= 0.804624
 \end{aligned}$$

3.2. Dairesel Sistem İçin Örnek

10 bileşenden oluşan dairesel ardıl sistemin güvenilirliğini hesaplamak için doğrusal sistemlerde olduğu gibi ilk her bir bileşenin hem iletim kapasitesini hem de iletim kapasitelerinin olasılıkları 1'e eşit olacak şekilde belirlenmelidir.

$$k_1 = 1, \quad k_2 = 2, \quad k_3 = 1, \quad k_4 = 3, \quad k_5 = 3$$

$$k_6 = 1, \quad k_7 = 2, \quad k_8 = 1, \quad k_9 = 2, \quad k_{10} = 2$$

şeklinde bileşenlerin iletim kapasiteleri belirlenir. Bileşenlerin iletim kapasitelerinin olasılık değerleri ise aşağıdaki gibidir.

$$p_{1,j} = (0.10, 0.90) \quad p_{2,j} = (0.05, 0.35, 0.60)$$

$$p_{3,j} = (0.02, 0.98) \quad p_{4,j} = (0.01, 0.19, 0.20, 0.60)$$

$$p_{5,j} = (0.05, 0.15, 0.35, 0.45) \quad p_{6,j} = (0.21, 0.79)$$

$$p_{7,j} = (0.06, 0.34, 0.60) \quad p_{8,j} = (0.30, 0.70)$$

$$p_{9,j} = (0.11, 0.22, 0.67) \quad p_{10,j} = (0.10, 0.20, 0.70).$$

Yukarıda verilen verilerde, $p_{7,j} = (0.06, 0.34, 0.60)$ ifadesi ile $p_{7,7} = 0.06, p_{7,8} = 0.34, p_{7,9} = 0.60$ gösterilmek istenmiştir. 7.bileşenin 0 iletim kapasitesine sahip olma olasılığı $p_{7,7}$ ile 7.bileşenin 2(9-7) iletim kapasitesine sahip olma olasılığı ise $p_{7,9}$ ile gösterilmiştir.

6.bileşenle başlandığında o zaman ardıl bileşenlerin kesen kümesi $S = \{6, 7, 8\}$, kesen kümenin eleman sayısı $m = 3$, S kümesi dışında kalanların doğrudan 7. bileşene ulaşan bileşenlerin kümesi $C_7 = \{5, 4\}$ ve $C_8 = \{5\}$ olarak elde edilir. 4, 5 ve 6. Bileşenler doğrudan 7. bileşene ulaşabilir. Ama 6. bileşen S 'nin bir elemanı olduğu için sadece 4 ve 5. bileşenler C_7 'nin elemanıdır. C_7 'deki bileşenler, endekslerine göre saat yönünün tersi yönde sıralanmıştır. (5) ile verilen eşitliğe göre sistemin güvenilirliği aşağıdaki gibidir.

$$R_C(10) = R(6,6) + Q_{6,7}[(1 - Q_{5,7})R(7,5) + Q_{5,7}(1 - P_{4,7})R(7,4)]$$

$$+Q_{6,8}Q_{7,8}(1 - Q_{5,8})R(8,5)$$

burada, $Q_{6,7} = p_{6,6} = 0.21$, $Q_{5,7} = p_{5,5} + p_{5,6} = 0.20$, $Q_{4,7} = p_{4,4} + p_{4,5} + p_{4,6} = 0.40$, $Q_{6,8} = p_{6,6} + p_{6,7} = 1.00$, $Q_{7,8} = p_{7,7} = 0.06$, $Q_{5,8} = p_{5,5} + p_{5,6} + p_{5,7} = 0.55$ ve $R(6,6)$, $R(7,5)$, $R(7,4)$ ve $R(7,8)$ değerleri (3) ve (4) eşitliği ile verilen denklemlerle hesaplanır. Bu değerler ışığında

$$R_C(10) \approx 0.544986 + 0.21((0.80)(0.696684) + (0.60)(0.700151)) + (0.06)(0.45)(0.581955) = 0.695385$$

sistemin güvenilirliği elde edilmiş olur.

4. Sonuç

Bu çalışmada bileşenlerin ya çalışıyor ya da çalışmıyor şeklinde ifade edilmesinin uygulamada yarattığı sıkıntıları ortadan kaldırmaya yönelik olarak geliştirilen çok durumlu ardıl bağlı sistemlerin güvenilirlik yöntemlerini inceledik. Bunun için ele alınan sistemlerin yapı fonksiyonunu hem doğrusal hem de dairesel olarak ele aldık. Bu iki yapı fonksiyonu için örnekler vererek yöntemlerin çalışma prensipleri açıklanmaya çalışılarak okuyuculara yol göstermek amaçlanmıştır

Notasyonlar

k_i	i .bileşenin iletim kapasitesi ya da bileşenin doğrudan erişebileceği olası maksimum bileşen sayısı
K	$\max_{0 \leq i \leq n} \{k_i\}$
$p_{i,i}$	i .bileşenin tamamen başarısız olma olasılığı
$p_{i,j}$	i .bileşenin $i + 1, i + 2, \dots, j$. bileşenlere doğrudan bağlı olma ama $i < j \leq i + k_i$ ve $\sum_{j=i}^{i+k_i} p_{i,j} = 1$ için j 'den daha uzak bileşenlere bağlı olmama olasılığı
$f(i, j)$	0 .bileşenin i .bileşene doğrudan ulaşması ve j .bileşenin $0, 1, \dots, i(1 \leq i \leq n + 1)$.bileşenlerden birine doğrudan bağlı en uzak bileşen olma olasılığı
$R_L(n)$	$0, 1, 2, \dots, n, n + 1$ bileşenlerden oluşan doğrusal çok durumlu ardıl bağlı sistemlerin güvenilirliği olup $R_L(n) = f(n, n + 1)$ 'dir.
$P_{i,j}$	i .bileşenin direkt olarak j .bileşene ulaşma olasılığı ve $i < j \leq i + k_i$ için $P_{i,j} = \sum_{l=j}^{i+k_i} p_{il}$, $P_{i,i} = 1$ ve $j > i + k_i$ için $P_{i,j} = 0$ 'dir.
$Q_{i,j}$	(Doğrusal durum için) $1 \leq i \leq n$ ve $j \geq i$ için $Q_{i,j} = 1 - P_{i,j}$ 'dir.
$f(i, j, l)$	i .bileşenin doğrudan ya da dolaylı olarak j .bileşene ulaşma ve l .bileşen $i, i + 1, \dots, j$. bileşenlerden birine doğrudan bağlı en uzak bileşen olma olasılığı
$Q_{i,j}$	(Dairesel durum için) i .bileşenin doprudan j .bileşene ulaşmama olasılığı ve $Q_{i,j} = \sum_{h=i}^{j-1} p_{i,h}$ ve $j > i + k_i$ için $Q_{i,j} = 1$ 'dir.

$R(i, j)$	i .bileşen ile j .bileşen arasında en azında bir başka bileşenin olduğu durumda i .bileşenin j .bileşene doğrudan veya dolaylı olarak ulaşılma olasılığı
S	ardıl bileşenlerin kesen kümesi
m	S kümesindeki elemanların sayısı
C_j	S kümesindekiler dışında doğrudan j .bileşene ulaşan bileşenlerin kümesi
l_j	C_j kümesindeki elemanların sayısı
$C_j(t)$	C_j kümesindeki t . eleman
$R_C(n)$	Dairesel çok durumlu ardıl bağlı sistemlerin güvenilirliği

5. Referanslar

- Kuo, W., & Zuo, M. J. (2003). Optimal reliability modeling: principles and applications. John Wiley & Sons.
- Griffith, W. S. (1980). Multistate reliability models. Journal of Applied Probability, 17(3), 735-744.
- Natvig, B. (1982). Two suggestions of how to define a multistate coherent system. Advances in Applied Probability, 14(2), 434-455.
- El-Newehi, E., & Proschan, F. (1984). Degradable systems: a survey of multistate system theory. Communications in Statistics-Theory and Methods, 13(4), 405-432.
- Aven, T. (1985). Reliability evaluation of multistate systems with multistate components. IEEE Transactions on reliability, 34(5), 473-479.
- Hwang, F. K., & Yao, Y. C. (1989). Multistate consecutively-connected systems. IEEE transactions on reliability, 38(4), 472-474.
- Boedigheimer, R. A., & Kapur, K. C. (1994). Customer-driven reliability models for multistate coherent systems. IEEE Transactions on reliability, 43(1), 46-50.
- Veeraraghavan, M., & Trivedi, K. S. (1994). A combinatorial algorithm for performance and reliability analysis using multistate models. IEEE Transactions on Computers, 43(2), 229-234.
- Zuo, M. J., & Liang, M. (1994). Reliability of multistate consecutively-connected systems. Reliability Engineering & System Safety, 44(2), 173-176.

- Kossow, A., & Preuss, W. (1995). Reliability of linear consecutively-connected systems with multistate components. *IEEE Transactions on Reliability*, 44(3), 518-522.
- Malinowski, J., & Preuss, W. (1995). Reliability of circular consecutively-connected systems with multistate components. *IEEE transactions on reliability*, 44(3), 532-534.
- Xing, L., & Dai, Y. S. (2008). A new decision-diagram-based method for efficient analysis on multistate systems. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 6(3), 161-174.
- Yingkui, G., & Jing, L. (2012). Multi-state system reliability: A new and systematic review. *Procedia engineering*, 29, 531-536.
- Eryilmaz, S. (2014). Lifetime of multistate k-out-of-n systems. *Quality and Reliability Engineering International*, 30(7), 1015-1022.
- Vujošević, M., Makajić-Nikolić, D. D., & Pavlović, P. (2017). A new approach to determination of the most critical multi-state components in multi-state systems. *Journal of Applied Engineering Science*, 15(4), 401-405.
- Shanthikumar, J. G. (1987). Reliability of systems with consecutive minimal cutsets. *IEEE Transactions on Reliability*, 36(5), 546-550.
- Qu, L., Han, C., Li, Y., Gao, K., & Peng, R. (2021). Recent Advances in the Reliability Evaluation and Optimization of Linear Multistate Consecutively-connected Systems. *Recent Patents on Engineering*, 15(3), 314-325.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 02



**Bir Top ve Çubuk Sistemi için LQR ve LQG Kontrol
Yöntemlerinin Tasarımı ve Simülasyonu
(Tayfun Abut)**

Bir Top ve Çubuk Sistemi için LQR ve LQG Kontrol Yöntemlerinin Tasarımı ve Simülasyonu

Tayfun Abut

*Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği
E-mail: tayfunabut@gmail.com*

1. Giriş

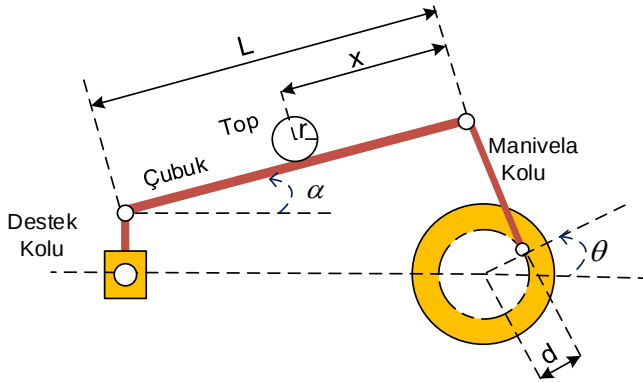
Top ve çubuk sistemleri eksik tahrikli ve doğrusal olmayan yapısı nedeniyle kontrol edilmesi zor olan sistemlerdendir. Ayrıca kontrol yöntemlerinin test edildiği ve kıyaslandığı sistemlerden de biridir. Bu sistemler doğrusal olmayan kararsız sistemlerdir. Bu sistemlerin kontrolündeki temel hedef mafsala uygun bir tork uygulayarak çubuk üzerinde topun gerekli konumunu elde etmek için çubuğun açısını otomatik olarak kontrol etmektir. Bu problem oldukça zordur, çünkü top, çubuğun eğim açısıyla orantılı bir ivmeyle hareket etmektedir ve top, çubuk üzerinde tek bir konumda kalmamaktadır. Bu sistemler iki serbestlik derecesine sahiptir. Bunlardan ilki çubuk üzerinde yukarı ve aşağı yuvarlanan top, diğeri ise merkezi eksen boyunca dönen çubuktur. Bir top ve çubuk sistemi üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Barbu ve diğerleri (1997) top ve çubuk sisteminin global asimptotik kararlılığı üzerine çalışmıştır. Eaton ve diğerleri (2000) üniform ve doğrusal olmayan sürtünmeli Bulanık bir top ve çubuk sistemleri için Nöro denetleyici alternatifleri üzerinde çalışmıştır. Bulanık top ve çubuk sisteminin kontrolünün bulanık mantık olmadan, sadece sinir ağları kullanılarak yapılması tartışılmıştır. Guo ve diğerleri (1998) top ve çubuk sisteminin global doğrusal olmayan kontrolü üzerine çalışmıştır. Bilinmeyen parametreleri olan top ve çubuk sistemini kontrol etmek için model tabanlı bir adaptif kontrol algoritması önerilmiş ve deneysel olarak uygulanmıştır (Marton vd., 2006). Li ve Yu (2010), top ve çubuk sistemlerinin nöral kompanzasyon ile senkronizasyonu gerçekleştirmiştir. RBF sinir ağları kullanarak gerçek deneyler yapmıştır. Pang ve diğerleri (2011), bir top ve çubuk sistemi için artırılmış durum tahmini ve LQR kontrolü önermiş ve uygulamıştır. Keshmiri ve diğerleri (2012), model tabanlı ve model tabanlı olmayan kontrol yaklaşımlarını kullanarak top ve çubuk sisteminin modellenmesi ve kontrolünü gerçekleştirmiştir. Model tabanlı olmayan bir kontrol stratejisi olarak Oransal- Türev-İntegrali (PID), hibrit PID ve model tabanlı ve model tabanlı olmayan kontrol stratejilerinin bir kombinasyonu olarak Doğrusal Kuadratik Düzenleyici (LQR) kullanılmıştır. Shah ve diğerleri (2018), düzlük tabanlı yaklaşım kullanarak LQR kontrol şeması ile

top ve çubuk sisteminin kontrolünü gerçekleştirmiştir. Ding ve diğerleri (2019), aktif bozulma engelleme kontrolüne dayalı bilye ve giriş sistemi için konum kontrolü gerçekleştirmiştir. Kagami ve diğerleri (2020), top ve çubuk süreci ve çok amaçlı optimizasyon yaklaşımını kullanan bir genel weblab kontrol ayarlama deneyimi gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada optimal kontrol yöntemlerinden olan Lineer Kuadratik Regülatör (LQR) ve Lineer Kuadratik Gauss (LQG) yöntemleri kullanılarak bir top ve çubuk sisteminin modellenmesi ve pozisyon kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu sistemler dış bozucu etkenlerden etkilenirler ve bu durum denetim kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. Tüm bozucu etkiler altında Lineer Kuadratik Regülatör (LQR) ve Lineer Kuadratik Gauss (LQG) yöntemleri kullanılarak sistemin kontrolü gerçekleştirilmiş ve ayrıca Integral-Square-Error (ISE) performans kriteri kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar grafik ve tablo şeklinde verilmiştir. Ayrıca sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmış ve irdelenmiştir.

2. Top ve Çubuk Sistemin Modellenmesi

Sistemlerin kontrol algoritmalarının uygulanmasında kullanılan sistemin model denklemleri aşağıda verilmiştir. Bu denklemler Lagrange-Euler denklemleri kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 1’de top ve çubuk sisteminin serbest cisim diyagramı (SCD) gösterilmiştir.



Şekil 1: Top ve çubuk sisteminin SCD'si gösterimi

Şekil 1’de verilen top ve çubuk sisteminde α ve x değişken parametreleri sırasıyla çubuk eğim açısı ve topun pozisyonunu göstermektedir. L çubuk uzunluğu, r topun yarıçapı, d vidayla monte edilen nokta ile motor dişlisi arasındaki mesafe, m topun kütlesi, g yer çekimi ivmesi ve J ise eylemsizlik momentidir. θ açısı sınırlı olduğu görülmektedir.

Bundan dolayı çubuğun eğim açısı α ile θ arasındaki matematiksel ilişki 1 nolu aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$\alpha = \frac{d}{L} \theta \quad (1)$$

2 nolu denklemde top ve çubuk sisteminin modeli aşağıda verilmiştir.

$$\left(\frac{J_b}{r^2} + m\right)\ddot{x} + mg \sin(\alpha) - mx\dot{\alpha}^2 = 0 \quad (2)$$

1 nolu denklem 2 nolu denklemin içine yazıldığında 3 nolu denklem elde edilmiştir.

$$\left(\frac{J_b}{r^2} + m\right)\ddot{x} + mg \sin(\theta) - mx\dot{\theta}^2 = 0 \quad (3)$$

Aşağıda sistemin durum uzay modeli verilmiştir.

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (4)$$

$$y = Cx + Du \quad (5)$$

$x_1 = x$, $x_2 = \dot{x}$, $x_3 = \theta$ ve $x_4 = \dot{\theta}$ alınmıştır.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= \frac{mg \sin x_3 - mx_1 x_4^2}{\left(\frac{J_b}{r^2} + m\right)} \\ \dot{x}_3 &= x_4 \\ \dot{x}_4 &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-mg}{(\frac{J_b}{r^2} + m)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \quad (7)$$

$$y = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{\theta} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \ddot{x}(t) \\ \dot{\theta}(t) \\ \ddot{\theta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \frac{mg \sin \theta(t) - mx\dot{\theta}(t)^2}{(\frac{J_b}{r^2} + m)} \\ \dot{\theta}(t) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Topun çubuk üzerinde yuvarlandığını varsayarsak, sürtünme ihmal edilmiştir. Tablo 1’de top ve çubuk sisteminin fiziksel parametreleri gösterilmiştir.

Tablo 1: Sistemin fiziksel parametreleri

Sembol	Tanımlama	Değer /Birim
m	Topun kütlesi	0.064 <i>kg</i>
r	Topun yarıçapı	1.27 <i>cm</i>
L	Çubuk uzunluğu	42.55 <i>cm</i>
d	Vidalı nokta ile motor dişlisi arasındaki mesafe	2.54 <i>cm</i>
	Manivela kol uzunluğu	16 <i>cm</i>
	Destek kol uzunluğu	12 <i>cm</i>

3. Kontrolör Tasarımı

Kontrolör tasarlanırken, top ve çubuk sistemleri kararsız, kontrol edilebilir, gözlemlenebilir ve doğrusal olmadığından dolayı ilk olarak model denklemlerinin, seçilen kontrol yöntemlerine uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bir önceki bölümde sistemin kontrolü için bu denklemler hazır hale getirilmiştir. Bu bölümde sistem için tasarlanan yöntemler açıklanmıştır. Sistemin kontrolündeki amaç topun gerçek pozisyonunun istenen pozisyona ulaşacağı şekilde topu hareket ettirmesi için minimum hata elde edilen bir kontrolör tasarlamaktır. Burada istenen α 'nın (çubuk açısı) kontrolünde motor çıkışındaki açı (θ açısı) tarafından kontrol edildiğine dikkat edilmelidir. Top ve çubuk sistemi Lineer Kuadratik Regülatör (LQR) ve Lineer Kuadratik Gauss (LQG) kontrol yöntemleri kullanılarak kontrol edilmiştir.

3.1. Lineer Kuadratik Regülatör (LQR) Kontrol Tasarımı

Mühendislikteki en temel kontrol problemi, çeşitli emniyet ve ekonomik kısıtlar altında verilen performans indeksini minimize eden optimal kontrol kanununu belirlemektir. Lineer Kuadratik Regülatör (LQR) kontrol yöntemi durum-uzay temsiline dayanan bir modern optimal kontrol yöntemidir (Anderson ve Moore, 2007). LQR, tam durum geri besleme denetleyicisidir. Optimum kontrolün temel amacı, fiziksel kısıtlamaları mümkün olan en iyi ölçüde karşılamak ve aynı zamanda uygun bir performans indeksini veya maliyet fonksiyonunu aşırı (maksimize etmek veya en aza indirmek) yapmaktır. LQR basit, optimal ve sağlam olduğundan, bu nedenle yaygın olarak kullanılmaktadır (Nkemdirim vd., 2021; Abut, 2016). Durum uzayı denklemleri aşağıdaki şekilde verilmiştir. Durum-uzay denklemleri yardımıyla elde edilen kontrol yönteminin performans indeksi aşağıda verilmiştir.

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (x^T(t)Qx + u^T Ru)dt \quad (10)$$

Performans indeksi bir fonksiyondur ve bu fonksiyonun parametrelerinin, fonksiyonu minimum veya maksimum yapacak şekilde seçilmesi kontrol sistemini optimum yapmaktadır. Klasik lineer optimal kontrolde $u(t)$ kontrol vektörü, performans indeksi minimum olacak şekilde seçilir. Genellikle sistem kontrolünde seçilen performans indeksi hem $x(t)$ 'ye hem de $u(t)$ 'ye göre kuadrattır. Q ve R matrislerinin bulunduğu ifadenin toplamının integralinin minimum olması istenir. Bu 10 nolu denklemin minimize edilmesi demektir. Burada Q ve R matrisleri ağırlık matrisleridir ve Q pozitif yarı tanımlı simetrik matris ve R ise pozitif tanımlı bir sayıdır ($Q \geq 0, R > 0$).

Daha sonra, J yi en aza indiren optimal kontrol, doğrusal durum geri besleme yasası tarafından verilmiştir.

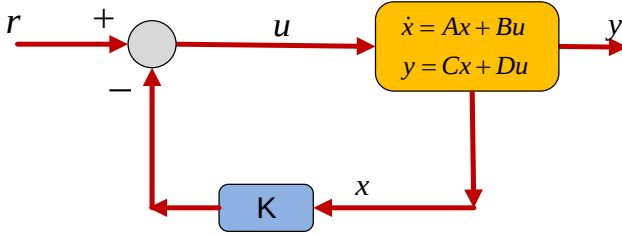
$$u = -K^* x \quad (11)$$

Burada kontrolün amacı kuadratik performans endeksinin integralini en aza indirmektir. Fonksiyonun değeri sistemin gerçek performansının arzu edilen performansa ne kadar yaklaştığını göstermektedir. K optimum geri besleme kazanç matrisi aşağıdaki denklem ile elde edilmiştir.

$$K = T^{-1}(T^T)^{-1} B^T P = R^{-1} B^T P \quad (12)$$

P pozitif tanımlı matrisin değeri Riccati denklemi yardımıyla elde edilmiştir. Şekil 2'de Lineer kuadratik regülatör (LQR) kontrol yönteminin blok diyagramı gösterilmiştir.

$$A^T P + PA - PBR^{-1} B^T P + Q = 0 \quad (13)$$



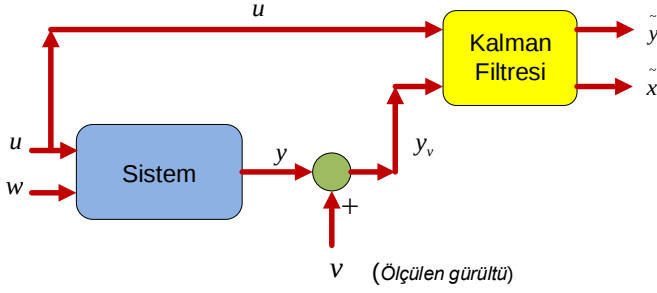
Şekil 2: Doğrusal Kuadratik Regulator (LQR) kontrol yönteminin blok diyagramı

3.2. Kalman Filtresi Tasarımı

Kalman filtresi sistemlerin giriş ve çıkış bilgilerinden sistemlerin durumlarını tahmin eden bir filtredir (Mohinder ve Angus, 2001; Grewal ve Andrews, 2014). Kalman filtresi gürültülerin kovaryansları biliniyorsa ölçüm ve işlem gürültülerini optimal filtreleme yapabilen bilen bir filtre türüdür. Bu filtre ile tahmin, Gauss ölçümü veya işlem gürültülerine maruz kalan sistemler için hatanın kovaryans matrisinin minimize edilmesi ile sonuçlanır. Durum gözlemcisinin önceki tasarımında, $y = Cx$ ölçümlerinin gürültüsüz olduğu varsayılmıştır. Kalman tahmincisi blok diyagramı 3 nolu şekilde verilmiştir.

$$\dot{x} = Ax + Bu + Gw \quad (14)$$

$$y = Cx + Du + Hw + v \quad (15)$$



Şekil 3: Kalman tahmincisi blok diyagramı

Bu modelde, sırasıyla w rastgele sisteme verilen işlem gürültüsünü, v ise ölçüm gürültüsünü temsil etmektedir. Bilinen u girdilerini ve y ölçümünü kullanarak, durum vektörü $\hat{x}$ ve çıktı vektörü $\hat{y}$ 'yi tahmin etmek için Kalman filtresinin nasıl uygulanabileceğini göstereceğiz. Genel olarak Kalman tahmincisinin denklemleri aşağıda verilmiştir. $\hat{x}$ tahmin edilen x değeridir.

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + Gw \quad (16)$$

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + L(y - C\hat{x}) \quad (17)$$

$$AP + PA^T - PC^T R^{-1} CP + Q \quad (18)$$

Q pozitif tanımlı, R pozitif yarı tanımlı olmalıdır ve sistem gözlemlenebilir olmalıdır. $w \sim N(0, Q)$ ve $v \sim N(0, Q)$, sırasıyla işlem gürültüsü ve ölçüm gürültüsünü göstermektedir. Q ve R , sırasıyla giriş kovaryans matrisi ve çıkış kovaryans matrisini göstermektedir. Ricatti denkleminde yararlanılarak maliyet fonksiyonunu en düşük değere indirmeye çalışan P cebirsel sabiti ve filtre kazancı L maliyet fonksiyonunu elde edilmiştir.

$$L = PC^T R^{-1} \quad (19)$$

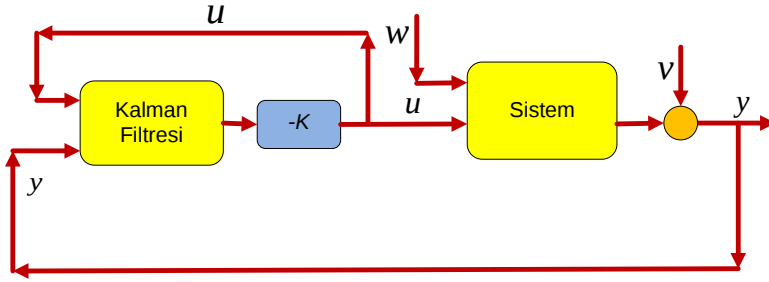
3.3. Lineer Kuadratik-Gauss (LQG) Kontrol Tasarımı

Lineer Kuadratik Gauss (LQG) kontrolü, optimal dinamik düzenleyiciler ve entegre eylemli servo kontrolörler (aynı zamanda ayar noktası izleyicileri olarak da bilinir) tasarlamak için modern bir durum-uzay tekniğidir (Athans, 1971; Bernstein ve Haddad, 1989). Bir diğer tanımla, LQG, bir stokastik sistem verilen bir performans ölçüsünü minimize eden optimal bir kontrol bulma problemidir. Bu nedenle, bir stokastik sistem için deterministik LQR probleminin karşılığıdır. Bu teknik, düzenleme/izleyici performansı ve kontrol çabasını dengelemenize ve süreç bozukluklarını ve ölçüm gürültüsünü hesaba katmanıza olanak tanımaktadır. LQG denetleyicisi, basitçe bir Kalman filtresi ile bir regülatör LQR denetleyicisinin birleşimidir.

Ayrırma ilkesi, bunların bağımsız olarak tasarlanıp hesaplanabilmesini garanti eder. LQG kontrolörleri hem doğrusal zamanla değişmeyen sistemlerde hem de doğrusal zamanla değişen sistemlerde kullanılabilir. Bu kontrol yöntemi doğrusal olmayan sistemlere de uygulanabildiğinden kullanım alanlarına sahiptir (Banerjee vd., 2021). Şekil 4'te Lineer Kuadratik Gauss (LQG) kontrol yönteminin blok diyagramı gösterilmiştir.

$$\dot{\hat{x}} = (A - LC - BK)\hat{x} + Ly \quad (20)$$

$$u = -K\hat{x} \quad (21)$$

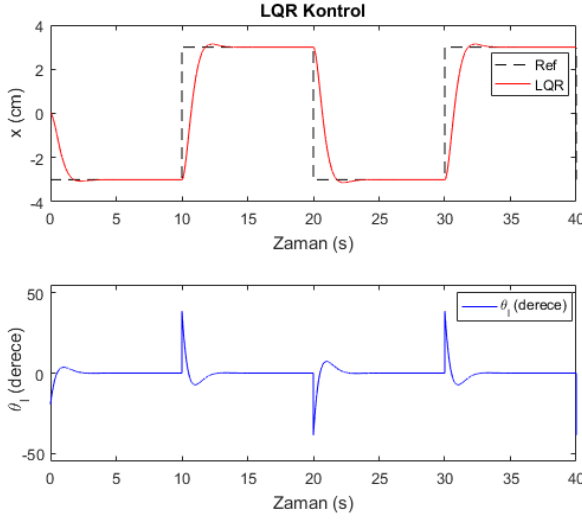


Şekil 4: Doğrusal Kuadratik Gauss (LQG) kontrol yönteminin blok diyagramı

4. Simülasyon Sonuçları ve Tartışma

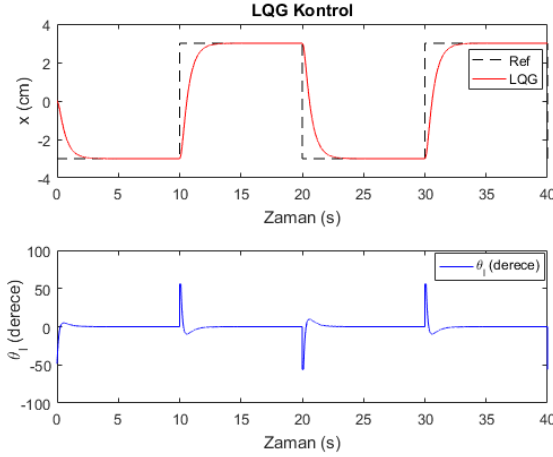
Bu bölümde bir top ve çubuk sisteminin model denklemleri kullanılarak yapılan simülasyon çalışmaları verilmiştir. Sistemin kontrolünde LQR ve LQG kontrol yöntemleri kullanılmıştır. Sistemin kontrol değişkenleri topun pozisyonu ve motor açısıdır. Sisteme kare dalga girişi uygulanmıştır. Uygulanan kontrol yöntemlerinin performans kriteri olan Integral Square Error (ISE) kriterine göre sonuçlar sayısal olarak elde edilmiştir. Simülasyon süresi 40 saniye olarak belirlenmiştir. LQR kontrol parametrelerinden $R = [1]$, $Q = \text{diag}\{10000, 1500, 15, 1\}$ ve $K = [110.245 \ 96.42 \ 45.32 \ 5.75]$ şeklinde elde edilmiştir ve sisteme uygulanmıştır. Benzer şekilde LQG $L = (8.471 \ 32.4 \ 42.7 \ 3.86$

kontrol yöntemi için $0.52 \ 4.8 \ 8.76 \ 4.94)^T$ şeklinde elde edilmiştir ve sisteme uygulanmıştır. Şekil 5 ve 6'da top ve çubuk sisteminin sırasıyla LQR ve LQG kontrol yöntemleri kullanılarak kare giriş karşılık elde edilen topun pozisyonu ve motor açısı grafikleri verilmiştir.



Şekil 5: Topun pozisyonu ve motor açısının LQR kontrol yöntemi kullanılarak kare girişe karşılık elde edilen grafikleri

Şekil 5'te görüldüğü üzere kare dalga girişe karşılık LQR kontrol yönteminin kullanımı sonucu elde edilen grafikte sistemde maksimum aşma meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca sistemin ancak 18. saniyede yerleşme süresine eriştiği görülmektedir.



Şekil 6: Topun pozisyonu ve motor açısının LQG kontrol yöntemi kullanılarak kare girişe karşılık elde edilen grafikleri

Şekil 6'da görüldüğü üzere kare dalga girişe karşılık LQG kontrol yönteminin kullanımı sonucu elde edilen grafikte sistemde maksimum aşma meydana gelmediği görülmüştür. Ayrıca sistemin yaklaşık 14. saniyede yerleşme süresine eriştiği görülmektedir. Aşağıda verilen performans kriteri kullanılarak hata sonuçları karşılaştırılacaktır.

$$ISE = \int_0^{\infty} (y_{dj} - y_j)^2 dt \quad (22)$$

y_{dj} robotun istenen j . değeri y_j ise robotun j . gerçek değerini göstermektedir. y ise topun pozisyon (x) temsil etmektedir. $j=1,2,3,4,...N$ 'dir. Tablo 2'de LQR ve LQG kontrol yöntemlerinin kare girişine karşılık elde edilen sonuçlarının performans kriteri olan ISE'ye kullanılarak elde edilen hata sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 2: Performans kriterine göre hata sonuçları

Yöntem	ISE
LQR Kontrol	0.00 376
LQG Kontrol	0.00 192

Tablo 2'de verilen topun pozisyon sonuçlarına göre kare girişe karşılık en düşük hata oranı LQG kontrol yöntemi ile elde edilmiş ve sonucu 0.00192 cm 'dir. LQR kontrol yöntemi kullanılarak elde edilen hata değeri ise 0.00376 cm'dir. Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında kare girişe karşılık en iyi hata oranının LQG kontrol yöntemiyle elde edildiği görülmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada kontrol yöntemlerini test etmek için kullanılan temel bir sistem olan top ve çubuk sistemi modellenmiş ve pozisyon kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sistemin kontrolünde Lineer Kuadratik Regülatör (LQR) ve Lineer Kuadratik Gauss (LQG) kontrol yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca Integral-Square-Error (ISE) performans kriteri kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. LQG yöntemi kullanılarak gerek maksimum aşma gerekse de yerleşme süresi açısından en iyi performans sonucu elde edilmiştir. Tabloda verilen kare girişe karşılık en iyi hata oranı LQG kontrol yöntemi ile elde edilmiş ve sonucu 0.00192 cm 'dir. Genel olarak LQG yönteminin üstün performans gösterdiği görülmektedir. Yöntem de farklı optimizasyon teknikleri ve amaç fonksiyonları kullanılarak geliştirilebilir. Ayrıca yöntem geliştirilerek gerçek zamanlı laboratuvar ortamında uygulamalar yapılabilir.

6. Referanslar

- Abut, T. (2016). Modeling and Optimal Control of a DC Motor, *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 32, no. 3, pp. 146–150.
- Anderson, B. D., & Moore, J. B. (2007). *Optimal control: linear quadratic methods*. Prentice Hall, New Jersey, 1990.
- Athans, M. (1971). The role and use of the stochastic linear-quadratic-Gaussian problem in control system design. *IEEE Transactions On Automatic Control*, 16(6), 529-552.
- Banerjee, R., Pal, A., Sinha, A., & Mukherjee, D. (2021). Stabilization of Cart-Pole System-A Linear Quadratic Gaussian Control and Robust H-infinity Control Design and Comparative Approach. In *Advances in Electrical and Computer Technologies* (pp. 831-845). Springer, Singapore.
- Barbu, C., Sepulchre, R., Lin, W., & Kokotovic, P. V. (1997). Global asymptotic stabilization of the ball-and-beam system. In *Proceedings of the 36th IEEE Conference on Decision and Control* (Vol. 3, pp. 2351-2355). IEEE.
- Bernstein, D. S., & Haddad, W. M. (1989). LQG control with an H_infinity performance bound: a Riccati equation approach. *IEEE Transactions On Automatic Control*, 34(3), 293-305.
- Ding, M., Liu, B., & Wang, L. (2019). Position control for ball and beam system based on active disturbance rejection control. *Systems Science & Control Engineering*, 7(1), 97-108.
- Eaton, P. H., Prokhorov, D. V., & Wunsch, D. C. (2000). Neurocontroller alternatives for" fuzzy" ball-and-beam systems with nonuniform nonlinear friction. *IEEE transactions on Neural Networks*, 11(2), 423-435.
- Grewal, M. S., & Andrews, A. P. (2014). *Kalman filtering: Theory and Practice with MATLAB*. John Wiley & Sons.
- Guo, Y., Hill, D. J., & Jiang, Z. P. (1996). Global nonlinear control of the ball and beam system. In *Proceedings of 35th IEEE Conference on Decision and Control* (Vol. 3, pp. 2818-2823). IEEE.
- Kagami, R. M., da Costa, G. K., Uhlmann, T. S., Mendes, L. A., & Freire, R. Z. (2020). A generic WebLab control tuning experience using the ball and beam process and multiobjective optimization approach. *Information*, 11(3), 132.

- Keshmiri, M., Jahromi, A. F., Mohebbi, A., Hadi Amoozgar, M., & Xie, W. F. (2012). Modeling and control of ball and beam system using model based and non-model based control approaches. *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems*, 5(1).
- Li, X., & Yu, W. (2010). Synchronization of ball and beam systems with neural compensation. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 8(3), 491-496.
- Márton, L., & Lantos, B. (2006). Stable adaptive ball and beam control. In *2006 IEEE International Conference on Mechatronics*, IEEE, pp. 507-512.
- Mohinder, SG, & Angus P. A. (2001). Kalman filtering: Theory and practice. 2nded. New York: John Wiley and Sons, pp. 133-148
- Nkemdirim, M., Dharan, S., Chaoui, H., & Miah, S. (2021). LQR control of a 3-DOF helicopter system. *International Journal of Dynamics and Control*, 1-10.
- Pang, Z. H., Zheng, G., & Luo, C. X. (2011). Augmented state estimation and LQR control for a ball and beam system. In *2011 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, IEEE, pp. 1328-1332.
- Shah, M., Ali, R., & Malik, F. M. (2018). Control of ball and beam with LQR control scheme using flatness based approach. In *2018 International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering (ICE Cube)*, IEEE, pp. 1-5.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 03



**Tekstil Endüstrisi Atıksularının Fenton, Elektro-
Fenton, Foto-Fenton ve Fotoelektro-Fenton
Prosesleriyle Arıtılması
(Ayşe Elif Ateş)**

Tekstil Endüstrisi Atıksularının Fenton, Elektro-Fenton, Foto-Fenton ve Fotoelektro-Fenton Prosesleriyle Arıtılması

Ayşe Elif Ateş

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
E-mail: elifdenizler@istanbul.edu.tr*

1. Giriş

Tekstil endüstrisinde atıksu yönetimi, iplik üretimi prosesinde yoğun su ihtiyacı, atıksuyun endüstri içerisinde yeniden kullanılabilirliğinin sınırlı olması ve atıksu arıtımında konvansiyel arıtma yöntemlerinin üretim proseslerinde kullanılan kimyasallar sonucu yetersiz gelmesi nedenleriyle diğer endüstrilere kıyasla daha büyük öneme sahiptir [1,2]. Tekstil endüstrisinde haşılama, haşıl sökme, ovma, ağartma, merserizasyon, boyama, baskı ve nihai ürün üretimi prosesleri bulunmaktadır. Üretim proseslerinin her birinde farklı kimyasallar, boyalar ve işlemler uygulandığı için proses çıkışlarındaki atıksu karakterizasyonları birbirlerinden farklıdır. Haşılama ve haşıl sökme proseslerinde nişasta, enzimler, balmumu, yağlayıcı ve amonyak kullanımına bağlı olarak proses çıkış atıksuyu yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) ve yaklaşık 80°C sıcaklığa sahiptir. Ovma prosesinde ise sodyum hidroksit (NaOH), deterjanlar ve yağların kullanılması çıkış atıksuyunun yüksek BOİ, yüksek pH, yaklaşık 80°C sıcaklık ve yoğun renkli atıksu karakterizasyonuna sahip olmasına neden olmaktadır. Ağartma prosesinde hidrojen peroksit (H₂O₂), sodyum silikat ve NaOCl kullanılması proses çıkış suyunun pH seviyesini yükseltirken toplam çözünmüş katı (TÇK) maddenin konsantrasyonunu da artırmaktadır. Boyama ve baskı prosesleri atıksuyunun toksik olması ve yüksek KOİ, BOİ, TÇK, pH ve renge sahip olmasının temel nedeni proseslerde sentetik-organik boya, ağır metallerin, çözücülerin ve formaldehitin kullanılmasıdır. Nihai ürün üretiminin bitiş prosesinde ise balmumu, yumuşatıcı, reçine ve asetat kullanımı düşük alkalinite ve yüksek toksisiteye sahip atıksuyun oluşmasına sebep olmaktadır [3]. Endüstri sonunda dengeleme tankında karışan proses atıksularının yüksek KOİ ve BOİ₅ içeriğinin olmasının nedeni boyama ve baskı proseslerinde kullanılan boyalar ve ovma- haşıl sökme proseslerinde kullanılan nişasta ve bunların türevidir [1,4]. Tekstil endüstrisinde aromatik boya kullanılması atıksuyun arıtılmadan deşarj edilmesi durumunda ortamdaki biyolojik aktivitenin bozulmasına neden olurken toksisite ve mutajenik olayların yaşanması gibi büyük problemlerin oluşmasına zemin hazırlayabilir. Boyaların su kütlelerine ışık penetrasyonunu azalttığı ve çeşitli

organizmaların metabolizmasına zarar verebileceği de bilinmektedir [5-7]. Boyalardan farklı olarak üretim bandında kullanılan diğer kimyasallar da çevresel ortamda su veya başka bir kirleticisi ile reaksiyona girerek zararlı yan ürün oluşumunu tetikleyebilir. Endüstride kullanılan boyalar ve kimyasalların atıksudaki varlığı atıksuyun biyobozunabilirliğini azalttığından konvansiyonel yöntemlerle arıtılması tek başına yeterli olmamaktadır. Bu nedenle ileri oksidasyon prosesleri (İOP) yoğun boya ve kimyasal içeren atıksuların arıtılmasında verimli sonuçlar alınabilmesi için alternatif yöntemlerden biridir [3,6,8].

Boya matrisindeki azo ve diğer gruplar endüstride üretim aşamasında kullanıldıktan sonra arıtılmadan deşarj edilmesi ortamdaki biyoçeşitliliklerde geno toksisitesi oluşturur. İOP'leri atıksudaki kirleticilerin kısmen veya tamamen uzaklaştırılması, daha az toksik ve daha biyolojik olarak parçalanabilir ürünlere dönüştürülmesi için geliştirilmiştir. Ayrıca, biyolojik olarak parçalanamayan organik kirleticilerin kısmi bozunması, biyolojik olarak parçalanabilen ara ürünlerin oluşumunu tetikleyebilir. Kısmi bozunma, kromoforetik grupların ortadan kaldırılması, bileşiklerin çözünürlük indeksinde artış İOP'ler tarafından tekstil endüstrisi atıksularının biyolojik olarak bozunabilirliğinde iyileşmeyi sağlayabilen aromatiklikte azalma etkileri yaratabilir [9]. İOP'leri özellikle atıksuda kirliliğe neden olan kimyasalların çoğunu parçalayabilen oldukça reaktif ve oksitleyici bir ajan olan hidroksil radikali ($HO^{\bullet}$) olmak üzere serbest radikallerin üretimiyle gerçekleşir. Bu prosesler diğer endüstriyel atıksu arıtma proseslerine kıyasla daha kısa reaksiyon süresine ve yüksek arıtma kapasitesine sahiptir. Ayrıca, reaksiyon sonucunda toksik etkiye neden olan bir kalıntı bırakmaması, düşük çamur hacmi ve biyorekalsitran kirleticilerin yüksek verimde arıtılabilirliği araştırmacıların bu proseslere yönelmesinde etkili olmuştur [3,10-12].

Çalışma kapsamında atıksu kirliliği yoğun olan tekstil endüstrisi çıkış sularının ileri oksidasyon proseslerinden Fenton, Foto-Fenton, Elektro-Fenton ve Fotoelektro-Fenton oksidasyonu ile arıtımı araştırılmıştır.

2. Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu

Tekstil endüstrisinin ana girdilerinden biri sudur ve sayısız endüstriyel sektör arasında en büyük atıksu üreticilerinden biridir. Üretilen her bir ton kumaş için yaklaşık $200 m^3$ su tüketimi olduğu tahmin edilmekte ve bu hacmin büyük bir kısmı yüksek oranda atıksu olarak prosesten çıktığı bilinmektedir. Suya olan yüksek talep, öncelikle yıkama işlemlerinin yanı sıra iplik ve kumaşların işlenmesi, baskı ve ağartma gibi liflere kimyasalların uygulanmasına yönelik işlemlerden kaynaklanmaktadır [13,14].

Tablo 1: Tekstil endüstrisi atıksu karakterizasyonu [3,13,14]

Parametre	Aralık Değer	Parametre	Aralık Değer
KOİ (mg O ₂ /L)	200-6500	pH	2.2-10
BOİ ₅ (mg O ₂ /L)	35-1750	Bulanıklık (NTU)	11-685
TOK (mg/L)	75-1350	Renk (mg PtCo/L)	0.3-1 abs (600nm)

Endüstriyel atıksuların arıtılması, çeşitli nedenlerden dolayı gereklidir. Bunların arasında: arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılması yoluyla doğal su kaynaklarından endüstri için temin edilen suyun azaltılması, atıksuyun toksisitesinin azaltılması, mevzuatta belirtilen deşarj limitlerinin sağlanması, toprak ve doğal su kaynaklarının korunması sayılabilir[3,13]. Öngörülen kullanıma göre, atıksuların arıtılmasında, gerektiğinde ön arıtımın yapılarak ve birincil ve ikincil arıtım olmak üzere farklı ardışık proseslerin uygunluğu denenmelidir [8,13,15]. Ön arıtmanın amacı, arıtma tesisinde sonraki prosesteki cihazların ve sistemin korunması, ızgara, kum tutucu ve koagülasyon olmak üzere kaba katıların ve kumlu malzemenin uzaklaştırılmasıdır [3,15].

3. Tekstil Endüstrisi Atıksuyu Arıtma Yöntemleri

Tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması üretim için yoğun su kullanımı gerektiren proseslerin bulunması ve üretim prosesleri çıkışında yüksek kirliliğe sahip atıksuyun oluşması araştırmacıları endüstriyel atıksuların verimli arıtılması konusunda katkıda bulunmasına teşvik etmiştir. Tekstil endüstrisi atıksularının literatürde fizikokimyasal, biyolojik ve ileri oksidasyon prosesleriyle arıtılabildiği belirtilmiştir. Literatür incelendiğinde hem ham tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasına yönelik hem de endüstride kullanılan boyaların giderimi için çalışmalar bulunmaktadır. Koagülasyon-flokülasyon prosesleri atıksu arıtımında temel işlemlerden biridir. Atıksu arıtımında genellikle alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), polialüminyum klorür ($Al_nCl_{(3n-m)}(OH)_m$) ve demirsülfat ($FeSO_4$) kullanılmasına rağmen yapılan yeni çalışmalarda farklı koagülantlar denenmektedir. Biyokoagülant olarak Moringa oleifera (MO) Lam tohumuyla potasyum klorür (KCl) ve sodyum klorür (NaCl) kullanılarak tekstil endüstrisi atıksuyu arıtılmıştır. Çalışma sonucunda alüminyum sülfat yerine MO- KCl ve MO-NaCl kullanılarak KOİ, renk, bulanıklık gideriminde daha yüksek verimler elde edilmiştir [16].

Adsorpsiyon tekstil endüstrisi atıksu arıtımında kullanılan fizikokimyasal yöntemlerden biridir. Prosesin verimini etkileyen önemli noktalar atıksuyun adsorpsiyon süresi, adsorban miktarı ve endüstride kullanılan boyanın türüne göre adsorban seçiminin yapılmasıdır. Adsorpsiyon verimini artırmak için proses öncesinde ozonlama yapılabilmektedir. Genellikle çalışmalarda adsorban olarak Pb, ZnFe, aktif karbon tercih edilmektedir [17,18].

Tekstil endüstrisi atıksularının membran prosesleriyle arıtım çalışmaları yapılmaktadır. Ancak çalışmalarda üretim proseslerinde kullanılan boyların ve kimyasalların membranların tıkanmasına neden olması ön arıtım prosesine ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur. Ön proses olarak iyon değiştirici reçine, aktif karbon, ozonlama veya koagülasyon/flokülasyon yapılması membran kullanım verimini artırmaktadır. Son yıllarda membran prosesleri kullanılarak tekstil endüstrisi atıksuyu arıtımıyla ilgili yapılan çalışmalarda membranları üzerinin farklı materyallerle kaplanması arıtma verimini artırdığı gözlemlenmiştir. Yapılan bir çalışmada membranların üzeri partikül halde aktif karbonla kaplanırken başka bir çalışmada kaplama malzemesi olarak polipiperazin-amid (PPA) kullanılmıştır. Her iki çalışmada da kaplama sonrası arıtma verimlerinin arttığı belirtilmiştir [19,20].

Biyolojik arıtmada enzim, mantar, maya, yosun ve bakteri türleri kullanılmaktadır. Tekstil atıksuyu üretilen üründe kullanılan boya türü, üretim prosesi ve iplik türü gibi birçok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle biyolojik arıtmada kullanılacak atıksuyun toksik madde içermemesi, eğer toksik madde içeriyorsa ön arıtmıla giderildikten sonra biyolojik arıtmaya tabi tutulması önemlidir. Ovma prosesinde NaOH kullanımı nedeniyle yüksek pH değerine sahip atıksu çıkmaktadır. Ancak biyolojik arıtım için türe bağlı olarak genellikle nötr pH değerlerinde yüksek arıtım verimi elde edilmektedir. Optimum ortam koşullarının sağlanmasıyla >%90 renk ve >%70 KİO giderim verimi elde edilebilmektedir [21-23].

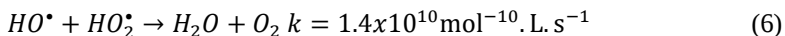
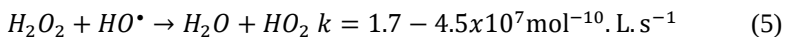
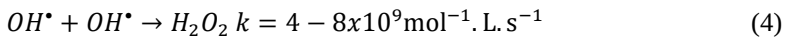
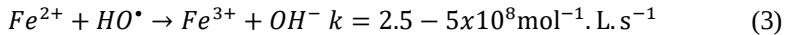
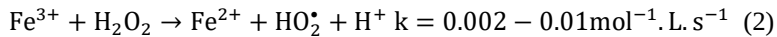
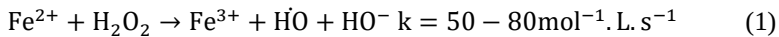
4. Fenton Prosesleri

İleri oksidasyon prosesleri yüksek reaktif oksijen türleri üreterek organik bileşikler kısmen veya tamamen parçalayabilen ve seçici olmayan temiz arıtma teknolojileridir. İOP'ler homojen veya heterojen fazda ve fiziksel/kimyasal/sonokimyasal/elektrokimyasal HO[•] Radikali oluşturma yöntemine göre sınıflandırılırlar. Fenton prosesi temel proses olup zamanla geliştirilerek Elektro, Foto ve Fotoelektro işlemleriyle kombinasyonları çalışılmıştır.

4.1. Fenton Prosesi

Fenton prosesi ileri oksidasyon yönetimlerinden biri olup boya içeren atıksuların arıtılmasında kullanılan yöntemdir. Fenton prosesi (oksidasyonu) temelde hidrojen peroksitin demir katalizörü varlığında radikal oksijen türlerine ayrılmasıdır. Son yıllarda tekstil endüstrisi ve boya üretim endüstrisi atıksularının arıtılmasında sayısız çalışma yapılmıştır. Endüstrilerde kullanılan boya türlerinin parçalanamaması nedeniyle istenen arıtım veriminin sağlanamaması Fenton prosesinin Elektro-Fenton, Foto-Fenton, Fotoelektro-Fenton olarak gelişmesini sağlamıştır [3,7, 24,25].

Homojen Fenton prosesinde aşağıdaki reaksiyonlar gerçekleşmektedir [3,7, 24,25].



Fenton prosesi pH, sıcaklık, Fe^{2+} ve H_2O_2 konsantrasyonu gibi ortam koşullarına bağlı olduğu kadar birbiriyle etkileşebilen kimyasalların varlığına da bağlıdır. Atıksu içeriğindeki belirli kirleticinin giderilebilmesi kirleticiye göre optimum şartların belirlenmesiyle sağlanabildiği için değeri belli parametreler bulunmamaktadır. Ancak homojen Fenton prosesinde Fe^{2+} 'nin atıksu içerisinde çözünerek reaksiyona maksimum katılımı düşük pH (2.5-3) değerlerinde sağlanabilmektedir. Yüksek pH değerlerinde Fenton prosesi için eklenen demirle $\text{Fe}(\text{OH})_3$ oluşur ve H_2O_2 'nin varlığında daha hızlı ayrışarak Fe^{3+} olarak çökelir. Düşük pH değerlerinde ise demir daha yavaş reaksiyona girerek $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ kompleksinin oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Sıcaklık reaksiyonu hızlandıran bir etki olmasına rağmen H_2O_2 'in hızlı bozunmasına neden olduğu için reaksiyona girecek peroksit konsantrasyonunda azalması gibi olumsuz etkiler yaratabilir [3].

4.2. Elektro-Fenton Prosesi

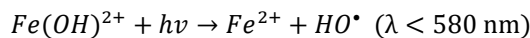
Fenton prosesinde reaksiyon için Fe^{2+} eklenmesi FeSO_4 kimyasalı kullanılarak yapılırken Elektro-Fenton prosesinde demir eklemesi demir elektrotlarla birlikte farklı elektrotların kombinasyonu ile yapılmaktadır. Elektro-Fenton prosesinin verimliliği, elektrotların bileşimi, ortamın pH'ı, çözeltideki katalizörün konsantrasyonu, elektrolitler, çözünmüş oksijen miktarı, akım yoğunluğu ve sıcaklık gibi bazı faktörlere bağlıdır [3, 26-29].

Tablo 2: Elektro-Fenton prosesinde Fe ve H₂O₂ kaynaklarına göre türler [3]

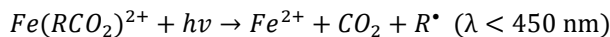
Elektro-Fenton Türleri	Fe kaynağı	H ₂ O ₂ kaynağı	Reaksiyon Denklemi
Tür 1	Anodun tükenmesiyle ortama geçer	Dışarıdan eklenir	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$
Tür 2	Anodun tükenmesiyle ortama geçer	Oksijen dağıtan katot tarafınsan ortama geçer	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$ $O_2 + 2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2O_2$
Tür 3	Dışarıdan eklenir	Oksijen dağıtan katot tarafınsan ortama geçer	$O_2 + 2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2O_2$
Tür 4	Dışarıdan eklenir ve katotta tekrar üretilir	Dışarıdan eklenir	$Fe^{3+} + e^{-} \rightarrow Fe^{2+}$

4.3. Foto-Fenton Prosesi

Foto-Fenton oksidasyonu Fenton oksidasyonu ile birlikte görünür dalga boyuna ($\lambda < 600\text{nm}$) sahip ultraviyole (UV) lamba kullanımının kombinasyonundan oluşmaktadır. Bu süreçte Fenton oksidasyonundaki reaksiyonlara ek olarak Fe³⁺'nin su kompleksleri UV ışığıyla birlikte verilen fotonun (hv) enerjisinin etkisiyle ligandın etrafında merkezlenmiş bir yörüngenin elektronunu, metal üzerinde merkezlenmiş bir yörüngeye, ligandan metale yük transferi olarak adlandırılan bir yörüngeye teşvik eder, bu durum Fe³⁺'ün Fe²⁺'ye indirgenmesini ve ligandın oksidasyonunu sağlar ve reaksiyon HO• oluşumuyla sonuçlanır [12, 30].



Atıksu içerisinde organik şelatlayıcı bulunması durumunda Foto-Fenton sürecinde Fe³⁺ ile foton arasında daha fazla foto-indirgenen komplekslerin oluşumu artmaktadır. Klasik Fenton oksidasyonu ile karşılaştırıldığında daha az çamur oluşumu avantajına sahiptir [3,7,30].



4.4. Fotoelektro-Fenton Prosesi

Fotoelektro-Fenton süreci Elektro-Fenton süreciyle ultraviyole lambanın kullanımının kombinasyonudur. Bu iki sistemin birleşimiyle foto-oksidasyon ve anodik oksidasyon birbirini tamamlayarak arıtım verimini artırmaktadır. Çalışmalarda UV lambanın dışında güneş ışığı kullanılarak

Fotoelektro-Fenton prosesi kullanımı da mevcuttur. UV ışınının fotokatalitik etkisi $H_2O_2 + h\nu \rightarrow 2HO^\bullet$ ($\lambda < 300$ nm) denklemiindeki H_2O_2 'in fotolizinin yanısıra $OH^\bullet$ oluşumunu ve $Fe(OH)^{2+} + h\nu \rightarrow Fe^{2+} + HO^\bullet$ ($\lambda < 580$ nm) reaksiyonunda Fe^{2+} 'nin eşzamanlı rejenerasyonunu artırır [3].

4.5. Fenton Prosesleriyle Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun Arıtılması

Tekstil endüstrisi atıksuyunun arıtılmasında Fenton prosesi ve türevleri birçok çalışmada kullanılmıştır. Çalışmaların artıma verimlerinin özeti Tablo3'de verilmiştir.

Tablo 3: Fenton proseslerinin arıtma verimlerinin karşılaştırılması [31-37]

Proses	pH	Fe^{2+} (mg/L)	H_2O_2 (mg/L)	$H_2O_2/$ Fe^{2+}	Sıcaklık (°C)	KOİ giderim verimi, %	Renk giderim verimi, %	Ref.
F	3	216	1650	7.64	25	70	96	31
F	3	100	2200	22	25	70	95	32
EF	3	Anot	1978	-	25	70.6	72.9	33
EF	3	5	Katot	-	25	86	85	34
FF	3	4	100	25	25	87.6	95	35
FF	3	30	150	5	25	41.8	80.2	36
FEF	4	16.8	Katot	-	47	83	90-96	37

*F; Fenton, EF; Elektro-Fenton, FF; Foto-Fenton, FEF; Fotoelektro-Fenton prosesleri

Fenton prosesleri çalışmalarında pH=3 ile daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Fenton prosesi çalışmalarında farklı H_2O_2/Fe^{2+} oranları kullanılmış olup oranın yükselmesinin arıtım verimine etkisinin olmadığı görülmüştür. Özellikle yüksek H_2O_2 konsantrasyonu arıtım sonrasında kalıntı oluşturması nedeniyle giderilmesi için ek proses ihtiyacına neden olabilmektedir. Kalıntı H_2O_2 'in giderilmemesi KOİ ölçümünde girişime neden olmaktadır. Elektro-Fenton prosesinde Fe kaynağı olarak anot ve $FeSO_4$ eklenmesiyle yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında 5 mg/L Fe eklenerek katotta H_2O_2 üretilmesiyle daha yüksek sonuç alınmıştır. Foto-Fenton prosesinde ise H_2O_2/Fe^{2+} oranının yüksek olması arıtma verimini artırmıştır. Foto-Fenton prosesinde UV kullanımı yüksek konsantrasyonda H_2O_2 kullanılmasına rağmen kalıntı oluşumunu engellemiş olabilir. Fotoelektro-Fenton prosesinde arıtma KOİ ve renk giderim verimleri yüksek olmasına rağmen aynı verimler Foto-Fenton prosesiyle de sağlanabildiği için maliyet açısından Foto-Fenton prosesi endüstriyel ölçekte daha uygulanabilir görülmektedir.

5. Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanılabilirliği

Arıtılan endüstriyel atıksu su kıtlığı olan ülkelerde su kaynaklarına deşarj edilmesi yerine yoğun su tüketimine sahip tekstil endüstrisinde proses suyu olarak kullanılabilir. Bu uygulama endüstrinin maliyetinin de düşmesini sağlayacaktır. Optimum proses kullanılması durumunda %95 renk ve %87 KOİ giderimi sağlanabildiği için doğal kaynakların korunması amacıyla tesiste uygun proseste değerlendirilebilir. Yapılan çalışmalarda özellikle Fotoelektro-Fenton prosesi sonrası arıtılmış atıksuyun arkasına iyon değıştirici reçine veya biyolojik arıtım kurulması durumunda endüstrisi içerisinde istenen bütün proseslerde kullanılabilir seviyeye getirilebileceği belirtilmiştir [3].

6. Referanslar

- [1] Holkar, C.R., Jadhav, A.J., Pinjari, D.V., Mahamuni, N.M., Pandit, A.B., 2016. A critical review on textile wastewater treatments: possible approaches. *J. Environ. Manag.* 182, 351–366.
- [2] Ramos, M.D.N., Cláudio, C.C., Rezende, P.H.V., Santos, L.A., Cabral, L.P., Mesquita, P.L., Aguiar, A., 2020a. Análise crítica das características de efluentes industriais do setor têxtil no Brasil. *Rev. Virtual Quim.* 12, 913–929.
- [3] Ramos, M. D. N., Santana, C. S., Velloso, C. C. V., da Silva, A. H. M., Magalhães, F., & Aguiar, A. (2021). A review on the treatment of textile industry effluents through Fenton processes. *Process Safety and Environmental Protection*.
- [4] Madhav, S., Ahamad, A., Singh, P., Mishra, P.K., 2018. A review of textile industry: wet processing, environmental impacts, and effluent treatment methods. *Environ. Qual. Manag.* 27, 31–41.
- [5] Guaratini, C.C.I., Zanoni, M.V.B., 2000. Corantes têxteis. *Quim. Nova* 23, 71–78.
- [6] Kaushik, P., Malik, A., 2009. Fungal dye decolourization: recent advances and future potential. *Environ. Int.* 35, 127–141
- [7] Nidheesh, P.V., Gandhimathi, R., Ramesh, S.T., 2013. Degradation of dyes from aqueous solution by Fenton processes: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 2099–2132.
- [8] Kumar, P.S., Saravanan, A., 2017. Sustainable wastewater treatments in textile sector. In: Muthu, S.S. (Ed.), *Sustainable Fibres and Textiles*. Elsevier, Amsterdam, pp. 323–346.

- [9] Karthikeyan, S., Titus, A., Gnanamani, A., Mandal, A. B., & Sekaran, G. (2011). Treatment of textile wastewater by homogeneous and heterogeneous Fenton oxidation processes. *Desalination*, 281, 438-445.
- [10] Araújo, K.S., Antonelli, R., Gaydeczka, B., Granato, A.C., Malpass, G.R.P., 2016. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. *Ambient. Agua* 11, 387–401.
- [11] Javaid, R., Qazi, U.Y., 2019. Catalytic oxidation process for the degradation of synthetic dyes: an overview. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 2066
- [12] Nogueira, R.F.P., Trovó, A.G., Silva, M.R.A. da, Villa, R.D., Oliveira, M.C. de, 2007. Fundaments and environmental applications of Fenton and photo-Fenton processes. *Quim. Nova* 30, 400–408.
- [13] Ghaly, A.E., Ananthashankar, R., Alhattab, M., Ramakrishnan, V.V., 2014. Production, characterization and treatment of textile effluents: a critical review. *J. Chem. Eng. Process. Technol.* 5, 1000182
- [14] Madhav, S., Ahamad, A., Singh, P., Mishra, P.K., 2018. A review of textile industry: wet processing, environmental impacts, and effluent treatment methods. *Environ. Qual. Manag.* 27, 31–41.
- [15] Dezotti, M., 2008. Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos: Vol 5 Rio de Janeiro, E-papers.
- [16] Dotto, J., Fagundes-Klen, M. R., Veit, M. T., Palacio, S. M., & Bergamasco, R. (2019). Performance of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 208, 656-665.
- [17] Jethave, G., Fegade, U., Attarde, S., Ingle, S., Ghaedi, M., & Sabzehmeidani, M. M. (2019). Exploration of the adsorption capability by doping Pb@ ZnFe₂O₄ nanocomposites (NCs) for decontamination of dye from textile wastewater. *Heliyon*, 5(9), e02412.
- [18] Xu, S., Bi, H., Liu, G., & Su, B. (2019). Integration of catalytic ozonation and adsorption processes for increased efficiency of textile wastewater treatment. *Water Environment Research*, 91(7), 650-660.
- [19] Nyobe, D., Ye, J., Tang, B., Bin, L., Huang, S., Fu, F., ... & Hu, Q. (2019). Build-up of a continuous flow pre-coated dynamic membrane filter to treat diluted textile wastewater and identify its dynamic membrane fouling. *Journal of environmental management*, 252, 109647.

- [20] Desa, A. L., Hairom, N. H. H., Ng, L. Y., Ng, C. Y., Ahmad, M. K., & Mohammad, A. W. (2019). Industrial textile wastewater treatment via membrane photocatalytic reactor (MPR) in the presence of ZnO-PEG nanoparticles and tight ultrafiltration. *Journal of Water Process Engineering*, 31, 100872.
- [21] Darwesh, O. M., Matter, I. A., & Eida, M. F. (2019). Development of peroxidase enzyme immobilized magnetic nanoparticles for bioremediation of textile wastewater dye. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1), 102805.
- [22] Guo, G., Tian, F., Zhao, Y., Tang, M., Liu, W., Liu, C., ... & Wang, S. (2019). Aerobic decolorization and detoxification of Acid Scarlet GR by a newly isolated salt-tolerant yeast strain *Galactomyces geotrichum* GG. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 145, 104818.
- [23] Behl, K., Joshi, M., Sharma, M., Tandon, S., Chaurasia, A. K., Bhatnagar, A., & Nigam, S. (2019). Performance evaluation of isolated electrogenic microalga coupled with graphene oxide for decolorization of textile dye wastewater and subsequent lipid production. *Chemical Engineering Journal*, 375, 121950.
- [24] Aguiar, A., Ferraz, A., 2007. Fe³⁺-and Cu²⁺-reduction by phenol derivatives associated with Azure B degradation in Fenton-like reactions. *Chemosphere* 66, 947–954.
- [25] Romero, R., Contreras, D., Segura, C., Schwederski, B., Kaim, W., 2016. Hydroxyl radical production by a heterogeneous Fenton reaction supported in insoluble tannin from bark of *Pinus radiata*. *Environ. Sci. Pollut. R.* 24, 6135–6142.
- [26] Divyapriya, G., Scaria, J., Singh, T.A., Nidheesh, P.V., Babu, D.S., Kumar, M.S., 2021. Advanced treatment of real wastewater effluents by an electrochemical approach. *Water Pollution and Remediation: Heavy Metals*. Springer, Cham, pp. 85–122.
- [27] Eslami, A., Moradi, M., Ghanbari, F., Mehdipour, F., 2013. Decolorization and COD removal from real textile wastewater by chemical and electrochemical Fenton processes: a comparative study. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 11, 31.
- [28] Geraldino, H.C.L., Freitas, T.K.F.S., Manholer, D.D., França, F., Oliveira, J.H., Volnistem, E.A., Lima, A.R.F., Berotti, M., Giroto, E.M., Garcia, J.C., 2020. Electrochemical generation of H₂O₂ using gas diffusion electrode improved with rGO intensified with the Fe₃O₄/GO catalyst for degradation of textile wastewater. *J. Water Process Eng.* 36, 101377

- [29] Kaur, P., Sangal, V.K., Kushwaha, J.P., 2019. Parametric study of electro-Fenton treatment for real textile wastewater, disposal study and its cost analysis. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 16, 801–810.
- [30] Pliego, G., Zazo, J.A., Garcia-Muñoz, P., Munoz, M., Casas, J.A., Rodriguez, J.J., 2015. Trends in the intensification of the Fenton process for wastewater treatment: an overview. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 45, 2611–2692.
- [31] Blanco, J., Torrades, F., De la Varga, M., & García-Montaña, J. (2012). Fenton and biological-Fenton coupled processes for textile wastewater treatment and reuse. *Desalination*, 286, 394-399.
- [32] Cetinkaya, S. G., Morcali, M. H., Akarsu, S., Ziba, C. A., & Dolaz, M. (2018). Comparison of classic Fenton with ultrasound Fenton processes on industrial textile wastewater. *Sustainable Environment Research*, 28(4), 165-170.
- [33] Eslami, A., Moradi, M., Ghanbari, F., & Mehdipour, F. (2013). Decolorization and COD removal from real textile wastewater by chemical and electrochemical Fenton processes: a comparative study. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 11(1), 1-8.
- [34] Roshini, P. S., Gandhimathi, R., Ramesh, S. T., & Nidheesh, P. V. (2017). Combined electro-Fenton and biological processes for the treatment of industrial textile effluent: mineralization and toxicity analysis. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 21(4), 04017016.
- [35] Starling, M. C. V., Castro, L. A. S., Marcelino, R. B., Leão, M. M., & Amorim, C. C. (2017). Optimized treatment conditions for textile wastewater reuse using photocatalytic processes under UV and visible light sources. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(7), 6222-6232.
- [36] Guimarães, J. R., Maniero, M. G., & de Araújo, R. N. (2012). A comparative study on the degradation of RB-19 dye in an aqueous medium by advanced oxidation processes. *Journal of environmental management*, 110, 33-39.
- [37] GilPavas, E., Dobrosz-Gomez, I., & Gómez-García, M. Á. (2018). Optimization of solar-driven photo-electro-Fenton process for the treatment of textile industrial wastewater. *Journal of water process engineering*, 24, 49-55.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 04



**Zeytin Endüstrisi Atıksu Arıtım Yöntemlerinin
Karşılaştırılması
(Ayşe Elif Ateş)**

Zeytin Endüstrisi Atıksu Arıtım Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Ayşe Elif Ateş

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
E-mail: elifdenizler@istanbul.edu.tr*

1. Giriş

Sosyoekonomik gelişmeyle birlikte artan taleplere bağlı olarak üretim sonucunda endüstrilerde çıkan atık ve atıksu miktarlarında da artışa neden olmaktadır. Atıksu içerisindeki organik kirleticiler hem insan sağlığını hem de ekosistemi tehlikeye atmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıksu arıtımında kullanılan yöntemler fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak sınıflandırılabilirler. Fiziksel arıtım yöntemlerine çöktürme, adsorpsiyon ve membran prosesleri, biyolojik arıtım yöntemlerine ise aktif çamur ve biyomembran prosesleri örnek verilebilir. Fiziksel ve biyolojik proseslerle organik madde içeren atıksuların arıtılması çalışmalarında maliyetin yüksek olması, çamur hacminin artması, ön veya son arıtım gerektirmesi gibi problemler nedeniyle yöntemlerin elverişli olmadığı belirtilmiştir. Fenton prosesi, fotokatalitik prosesler, elektro-kimyasal oksidasyon gibi ileri oksidasyon prosesleri kimyasal proseslere örnek verilebilir. Ancak kimyasal arıtım yöntemleriyle organik kirliliği olan atıksuların arıtılması çalışmalarında arıtımın hızlı olması, ikincil kirliliğe neden olmaması, yüksek arıtım verimine sahip olması nedeniyle özellikle ileri oksidasyon proseslerinin daha uygun olduğu gösterilmiştir [1-6].

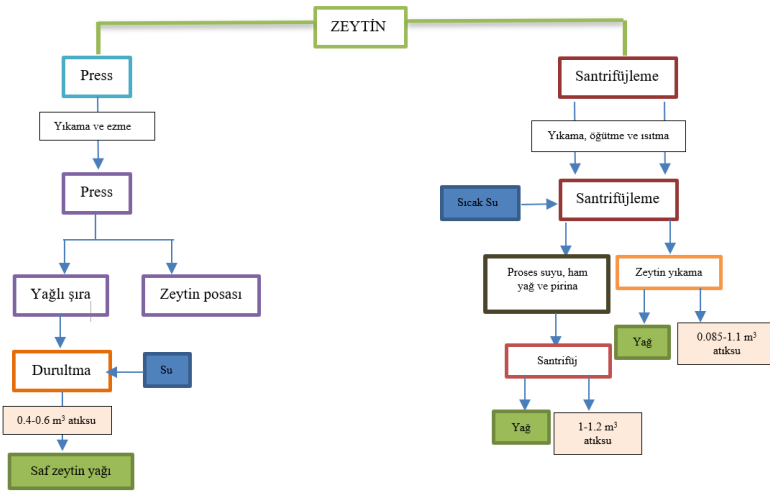
Zeytin ve zeytinyağı üretimine dayalı gıda işleme endüstrileri birçok Akdeniz bölgesinde tarımsal sanayi faaliyetlerinin büyük bölümünü oluşturmaktadır. Üretim sırasında zeytin tanelerinin yıkanması ve yağ üretim proseslerinden kaynaklanan atıksu biyorekalsitran (biyolojik olarak parçalanamayan) kirleticileri içermektedir. Zeytin endüstrisi atıksu karakterizasyonu incelendiğinde yüksek organik madde, ekotoksisite ve polifenol içeriği bulunmaktadır. Zeytin endüstrisinde üretim mevsimsel olarak değişiklik gösterdiğinden atıksu içeriğindeki biyorekalsitran miktarı da değişmektedir [7]. Bu nedenle atıksu arıtımında ileri oksidasyon prosesleriyle birlikte biyolojik veya fizikokimyasal proseslerin kullanılması artıma verimini artıracığından endüstriyel atıksu karakterizasyonuna göre önerilmektedir. Yüksek kirletici karakterizasyona sahip zeytin endüstrisi atıksuyunda askıda katı madde gibi fiziksel proseslerle giderilebilecek kirleticiler de bulunduğundan sistemin kurulmasından önce optimum

prosesleri ve proses koşullarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Kirlilik yükünün yüksek olması atıksu arıtımında kullanılması gereken proses çeşidini, sayısını artırabileceği gibi proses içindeki kimyasal kullanımını da artırmaktadır. Bu nedenle zeytin endüstrisi atıksularının arıtılması için farklı proseslerin kombinasyonunun kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir [8-10]

Zeytin endüstrisi atıksularının deşarj limitine kadar arıtılabilmesi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerin kombinasyonları da kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında farklı arıtım yöntemlerinin değerlendirilmesi yapılarak karşılaştırılması yapılmıştır.

1.1. Zeytin Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu

Zeytin endüstrisi atıksuyu zeytin ve zeytinyağı üretim proseslerine göre değişiklik göstermektedir. Zeytin endüstrisi üretim prosesleri ve proses çıkışındaki atıksu miktarları şematik olarak Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1: Zeytin endüstrisi üretim prosesleri ve atıksu kaynakları şematik gösterimi [11]

Zeytin üretim endüstrisi atıksu karakterizasyonu üretimde kullanılan proseslere ve üretilen ürün çeşidine göre değişmektedir. Tablo 1’de verilen atıksu karakterizasyonu farklı çalışmalardan alınarak aralık değerler olarak parametrelerin değerleri verilmiştir.

Tablo 1: Zeytin endüstrisi atıksu karakterizasyonu [11-15]

Parametre	Birim	Değer	Parametre	Birim	Değer
pH	-	4.5-6	TN	g/L	0.3-0.4
İletkenlik	mS/cm	1.97-90	Yoğunluk	g/L	1.92-2
Fenol	g/L	2.7-3	Sodyum	g/L	$0.9-1 \times 10^{-3}$
KOİ	g/L	15-200	TOK	g/L	0.3-0.4
BOİ	g/L	10-50	AKM	g/L	20-30

*KOİ; kimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ; biyolojik oksijen ihtiyacı, TOK; toplam organik karbon, TN; toplam azot, AKM; askıda katı madde

2. Zeytin Endüstrisi Atıksuyu Arıtım Yöntemleri

Zeytin endüstrisi atıksu arıtımında kullanılan fiziksel ve kimyasal yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Islak Oksidasyon

Islak oksidasyon hidrojen peroksit (H_2O_2) ve ıslak hava oksidasyonuyla birlikte platin veya zeolit gibi katalizörler eklenerek genellikle biyolojik arıtım sonrası zeytin endüstrisi atıksu arıtımında farklı kombinasyonlarla kullanılmaktadır. Litartürdeki bir çalışmada katalitik ıslak hava oksidasyonu zeytin presleme prosesi çıkışı atıksudan %97 TOK giderimi elde edildiği belirtilmiştir [16]. Diğer çalışmada ıslak hidrojen peroksit katalitik oksidasyonu yöntemiyle Fe-zeolit katalizörü kullanılarak karışık zeytin endüstrisi atıksuyundan %28 TOK, %40 toplam fenol, %30 renk ve %60 KOİ giderimi elde edilmiştir [17]. Farklı bir çalışmada ise anaerobik biyolojik arıtım öncesinde ıslak hidrojen peroksit katalitik oksidasyon yöntemiyle %75 KOİ, %78 BOİ ve %61 TOK giderimi sağlanmıştır [18]. Çalışmalar sonucunda yazarlar ıslak oksidasyon yönteminde demirin (Fe^{2+}) katalizör olarak kullanılmasının gerekli olmadığını vurgulamaktadır. Ancak BSE katalizörü varlığında demirle birlikte alüminyum kullanımının ($Fe/Al=1.19$ w/w) arıtma verimini artırabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca ıslak oksidasyon yöntemiyle arıtma veriminin artması için atıksuyun seyreltilmesi gerektiği çalışmalarda açıklanmıştır [19].

2.2. Fenton Oksidasyonu

Fenton oksidasyonu tekstil, boya ve kozmetik endüstrileri gibi arıtılması zor atıksuya sahip endüstrilerde uygulanmaktadır. Fenton oksidasyonu temelde Fe^{2+} tuzlarının katalizör olarak kullanıldığı ve hidrojen peroksitin oksitleyici ajan olarak kullanıldığı bir ileri oksidasyon prosesisidir. Fenton

oksidasyonu ortam sıcaklığında ve basınçsız ortamda uygulanabilmesi, uygulama kolaylığı, ucuz ekipman ve parçalanamayan kirleticiler için yüksek arıtma verimi sağlaması ve hızlı sonuç vermesi nedeniyle literatürde farklı endüstriyel atıksuyun arıtılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca proses sonrasında ekosistem için toksik etki yaratan kalıntılara neden olmadığından özellikle biyolojik arıtım öncesinde tercih edilmektedir. Zeytin endüstrisi atıksu arıtımında Fenton oksidasyonu için katalizör olarak $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kullanımında KOİ giderim verimi %47-85 arasında değişmiş olup FeCl_3 kullanımında KOİ giderim verimi %86 olmuştur. Fenton oksidasyonunda $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}$ oranı önemli olup yapılan bir çalışmada 8w/1w oranının optimum olduğu belirtilmiştir. Fenton oksidasyonu sonrasında biyolojik arıtım uygulanarak KOİ giderim verimi %94'e kadar çıkarılabilmektedir [20-24].

2.3. Ozonlama

Ozonlama, atıksu arıtımında parçalanamayan kirleticilerin giderilmesinde etkin ileri arıtım yöntemlerinden biridir. Ozonlama, ozon (O_3) üreten bir cihaz yardımıyla atıksuya hava dağıtıcı sistemlerle verilir ve atıksu üzerinde atıksu içerisinde reaksiyona girmeyen ozonu tutan ozon tuzakları kullanılarak atmosfere ozon verilmesini önleyen yapılar kullanılmaktadır. Kolay temin edilebilir, arıtım veriminin yüksek, kullanımının kolay ve fazla çamura neden olmaması ozonlamanın avantajlarındandır. Fakat ozonlamanın atıksuda reaksiyona girmeden hava kabarcığı olarak sistemden çıkması etkinliğini azaltmaktadır. Araştırmacılar bu durumu önlemek için atıksu üzerine ozon tuzağını koymak yerine çıkan ozonu toplayarak yeniden sisteme vermektedir. Sadece O_3 kullanılarak zeytin endüstrisi atıksu arıtımı çalışmasında %72 KOİ giderimi sağlanırken O_3/UV kullanımıyla KOİ giderim verimi %29 olarak elde edilmiştir. Santrifüjleme ve ozonlamanın birlikte kullanıldığı çalışmada ise KOİ giderim verimi %15.5 olarak bulunmuştur. Verimlerin düşük olmasının sebebi O_3 'ün atıksu içerisinde homojen dağılımının yapılmasının tam olarak sağlanamamasıdır. O_3 ile Mn-Ce-O ve ticari N-150 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MnOx}$ kullanılmasıyla KOİ giderim verimi %63'e kadar çıkartılabilmektedir [15, 25-28].

2.4. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon zeytin endüstrisi atıksuyunda yüksek oranlarda bulunan fenollerin giderilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu sistem düşük maliyetli, basit, yeniden kullanılabilir ve belirli kirleticiler için spesifik arıtım sağlama özelliğine sahiptir. Özellikle sentetik reçineler kullanılarak atıksu içerisinde zeytin biyofenol bileşikleri giderilebilir. Ticari olarak ulaşılabilir Amberlite XAD/Sephadex LH-20 reçinesiyle hidroksitirosol sağlanabilmektedir. Muz kabuğu gibi düşük maliyetli çevre dostu adsorbanların kullanımıyla %80'e kadar fenol giderimi yapılabilmektedir [11, 25, 29, 30].

2.5. Elektrokimyasal

Elektrokimyasal prosesler bir hücre içerisinde katalizör varlığında elektrotlara akım verilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Anot ve katot olarak elektrotlar farklı veya aynı materyallerden yapılabilmektedir. Prosesin verimli olabilmesi açısından elektrot boyutlarının (uzunluk x genişlik x kalınlık) aynı olması gereklidir. Anot kısmında ileri oksidasyon için gerekli olan reaksiyonlar gerçekleşiyorsa anodik oksidasyon olarak adlandırılmaktadır. Proses tek bir hücre içerisinde uygulanabildiği gibi iki farklı hücre içerisinde de gerçekleştirilebilir. Zeytin endüstrisi atıksuyunun elektrokimyasal yöntemle arıtılması çalışmasında anot olarak titanyum ve rutenyum oksit ($Ti/TiRuO_2$), katot olarak AISI 304 kodlu paslanmaz çelik kullanılmıştır. Pannizza ve ark. yaptığı çalışmada paralel elektrotların bulunduğu akım uygulanan bir hücre ve bir akış hücresi bulunmaktadır. Farklı akımlar ve NaCl konsantrasyonunda KOİ giderim verilmeleri araştırılmış 5A akım ve 5 g/L NaCl varlığında yaklaşık %95 KOİ giderimi elde edilmiştir [31].

2.6. Koagülasyon-Flokülasyon

Koagülasyon-flokülasyon su ve atıksu arıtımında genellikle ön arıtım olarak kullanılan bir prosestir. Zeytin endüstrisi atıksu arıtımında santrifüj prosesinden kaynaklanan atıksuyun arıtılması için kullanılmaktadır. Bu proseste farklı koagülantlar kullanılıp bazıları $FeCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, kitosan, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 'dır. Yapılan çalışmalarda santrifüj prosesinden kaynaklanan atıksudan AKM giderim verimleri >%90 olarak bulunmuştur. Koagülasyon-flokülasyonda koagülant dozunun belirlenmesi önemli olup yüksek arıtma verimi elde edilebilmesi için minimum koagülant dozunun 2.5 g/L olması gerektiği vurgulanmaktadır. Bazı çalışmalarda koagülasyon-flokülasyon sonrası oluşan çamurun tarımda gübre olarak kullanılabilirliği araştırılmaktadır. Koagülant olarak $FeCl_3$ kullanılan bir çalışmanın sonucunda >%95 AKM ve %40-45 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Başka bir çalışmada $Al_2(SO_4)_3$ kullanılmasında ise >95 AKM ve %56.5 KOİ giderim verimi elde edilmiştir [32-35].

2.7. Membran Teknolojisi

Membran (filtrasyon) teknolojisi, endüstriyel ölçekte biyofenollerin geri kazanılması için kritik bir prosestir. Bu proses güvenli, ucuz ve verimli şekilde ayrılması istenen molekülleri kütlelerine göre seçici olarak ayırır. Zeytin endüstrisi atıksuyunun arıtılması ve fenol gideriminde çeşitli mikrofiltrasyon (MF), ultra filtrasyon (UF), politetrafloroetilen, floropolimer membran, nanofiltrasyon (NF), vakumlu membran damıtma, ozmotik damıtma ve ters ozmoz kullanılmaktadır. Farklı fenol konsantrasyonlarına sahip zeytin endüstrisi atıksuları MF, UF ve NF prosesleriyle arıtılmıştır.

Çalışmalar %97'ye kadar fenol gideriminin sağlanabildiğini göstermektedir [11, 36-39].

3. Sonuç

Bütün sektörlerde olduğu gibi üretilen atık ve atıksu miktarının azaltılması çevresel sürecin iyileşmesi açısından oldukça önemlidir. Özellikle son yıllarda artan çevre bilinci ve yasaların düzenlenmesiyle birlikte zeytin endüstrisi atıksularının arıtımı için araştırmacılar tarafından birçok yöntem denenerek geliştirilmektedir. Biyolojik arıtım yapılması durumunda zeytin endüstrisi atıksuyu içerisindeki biyorekalsitran kirleticilerinin giderilebilmesi için bazı durumlarda uygun ön arıtımın yapılması gereklidir. Endüstride atıksuyun yönetiminin daha verimli yapılabilmesi uygun proseslerle üretimden kaynaklı katıların atıksuya karışması azaltılmalıdır. Endüstriyel atıksu arıtımında arıtma veriminin önemli olması kadar arıtma prosesinin maliyeti de düşük olmalıdır. Laboratuvar çalışmalarında küçük ölçekli atıksu kullanılarak denemeler yapıldığı için arıtma prosesleri sonrasında endüstriye sistemin kurulması halinde maliyetinin ne kadar olacağı değerlendirilmelidir. Ön arıtım sonrası zeytin endüstrisi atıksuyu ileri oksidasyon prosesleriyle daha az maliyetli arıtılabilmektedir. Ancak yüksek AKM içeriği nedeniyle ön arıtım sonrası ters ozmos veya membran prosesleri kullanılacaksa ön arıtım çalışmaları bu proseslere göre yapılmalıdır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde zeytin endüstrisi atıksu arıtımında KOİ ve fenol giderimin de en yüksek arıtma verimleri ileri oksidasyon prosesleriyle yapılabilmektedir. Fenton prosesi ve Ti/TiRuO₂ elektrotla yapılan elektrokimyasal proses sonucunda %85'in üzerinde arıtım verimi elde edilmiştir. Elektrokimyasal prosesin akım ve elektrot maliyetinin yüksek olması nedeniyle endüstride uygulanabilirliği düşükken Fenton oksidasyonunun uygulanabilirliği daha yüksektir. Prosesler araştırmacılar tarafından geliştirilmekte olup çalışmalarda ileri oksidasyon prosesleri ilgi çekmektedir.

4. Referanslar

- [1] Ma, D., Yi, H., Lai, C., Liu, X., Huo, X., An, Z., ... & Yang, L. (2021). Critical review of advanced oxidation processes in organic wastewater treatment. *Chemosphere*, 130104.
- [2] Rueda-Marquez, J. J., Levchuk, I., Ibañez, P. F., & Sillanpää, M. (2020). A critical review on application of photocatalysis for toxicity reduction of real wastewaters. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120694.
- [3] Akpan, U. G., & Hameed, B. H. (2011). Photocatalytic degradation of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid by Ca–Ce–W–TiO₂ composite photocatalyst. *Chemical Engineering Journal*, 173(2), 369-375.

- [4] Lin, L., Li, R. H., Li, Y., Xu, J., & Li, X. Y. (2017). Recovery of organic carbon and phosphorus from wastewater by Fe-enhanced primary sedimentation and sludge fermentation. *Process Biochemistry*, 54, 135-139.
- [5] Chávez, A. M., Gimeno, O., Rey, A., Pliego, G., Oropesa, A. L., Álvarez, P. M., & Beltrán, F. J. (2019). Treatment of highly polluted industrial wastewater by means of sequential aerobic biological oxidation-ozone based AOPs. *Chemical Engineering Journal*, 361, 89-98.
- [6] Yang, X., Wang, Z., & Shao, L. (2018). Construction of oil-unidirectional membrane for integrated oil collection with lossless transportation and oil-in-water emulsion purification. *Journal of Membrane Science*, 549, 67-74.
- [7] Chatzisyneon, E., Xekoukoulotakis, N. P., Diamadopoulos, E., Katsaounis, A., & Mantzavinos, D. (2009). Boron-doped diamond anodic treatment of olive mill wastewaters: statistical analysis, kinetic modeling and biodegradability. *water research*, 43(16), 3999-4009.
- [8] Chatzisyneon, E., Xekoukoulotakis, N. P., & Mantzavinos, D. (2009). Determination of key operating conditions for the photocatalytic treatment of olive mill wastewaters. *Catalysis Today*, 144(1-2), 143-148.
- [9] Comninellis, C., Kapalka, A., Malato, S., Parsons, S. A., Poullos, I., & Mantzavinos, D. (2008). Advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 83(6), 769-776.
- [10] Chatzisyneon, E., Foteinis, S., Mantzavinos, D., & Tsoutsos, T. (2013). Life cycle assessment of advanced oxidation processes for olive mill wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 54, 229-234.
- [11] Mohammadnejad, P., Haghbeen, K., & Rasouli, H. (2021). Treatment and valorization of olive mill wastewater. In *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention* (pp. 505-519). Academic Press.
- [12] Hodaifa, G., Malvis, A., Maaitah, M., & Sánchez, S. (2020). Combination of physicochemical operations and algal culture as a new bioprocess for olive mill wastewater treatment. *Biomass and Bioenergy*, 138, 105603.

- [13] Al-Bsoul, A., Al-Shannag, M., Tawalbeh, M., Al-Taani, A. A., Lafi, W. K., Al-Othman, A., & Alsheyab, M. (2020). Optimal conditions for olive mill wastewater treatment using ultrasound and advanced oxidation processes. *Science of The Total Environment*, 700, 134576.
- [14] Khani, M. R., Kuhestani, H., Kalankesh, L. R., Kamarehei, B., Rodríguez-Couto, S., Baneshi, M. M., & Shahamat, Y. D. (2019). Rapid and high purification of olive mill wastewater (OMV) with the combination electrocoagulation-catalytic sonoperoxone processes. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 97, 47-53.
- [15] Lafi, W. K., Shannak, B., Al-Shannag, M., Al-Anber, Z., & Al-Hasan, M. (2009). Treatment of olive mill wastewater by combined advanced oxidation and biodegradation. *Separation and purification Technology*, 70(2), 141-146.
- [16] Minh, D. P., Gallezot, P., Azabou, S., Sayadi, S., & Besson, M. (2008). Catalytic wet air oxidation of olive oil mill effluents: 4. Treatment and detoxification of real effluents. *Applied Catalysis B: Environmental*, 84(3-4), 749-757.
- [17] Najjar, W., Azabou, S., Sayadi, S., & Ghorbel, A. (2009). Screening of Fe-BEA catalysts for wet hydrogen peroxide oxidation of crude olive mill wastewater under mild conditions. *Applied Catalysis B: Environmental*, 88(3-4), 299-304.
- [18] El-Gohary, F. A., Badawy, M. I., El-Khateeb, M. A., & El-Kalliny, A. S. (2009). Integrated treatment of olive mill wastewater (OMW) by the combination of Fenton's reaction and anaerobic treatment. *Journal of hazardous materials*, 162(2-3), 1536-1541.
- [19] Azabou, S., Najjar, W., Bouaziz, M., Ghorbel, A., & Sayadi, S. (2010). A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining wet hydrogen peroxide catalytic oxidation and biological techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 183(1-3), 62-69.
- [20] Dogruel, S., Olmez-Hanci, T., Kartal, Z., Arslan-Alaton, I., & Orhon, D. (2009). Effect of Fenton's oxidation on the particle size distribution of organic carbon in olive mill wastewater. *water research*, 43(16), 3974-3983.
- [21] Lucas, M. S., & Peres, J. A. (2009). Removal of COD from olive mill wastewater by Fenton's reagent: Kinetic study. *Journal of hazardous materials*, 168(2-3), 1253-1259.

- [22] Nieto, L. M., Hodaifa, G., Vives, S. R., & Casares, J. A. (2010). Industrial plant for olive mill wastewater from two-phase treatment by chemical oxidation. *Journal of Environmental Engineering*, 136(11), 1309-1313.
- [23] Rizzo, L., Lofrano, G., Grassi, M., & Belgiorno, V. (2008). Pre-treatment of olive mill wastewater by chitosan coagulation and advanced oxidation processes. *Separation and Purification Technology*, 63(3), 648-653.
- [24] Martins, R. C., Henriques, L. R., & Quinta-Ferreira, R. M. (2013). Catalytic activity of low cost materials for pollutants abatement by Fenton's process. *Chemical Engineering Science*, 100, 225-233.
- [25] Cañizares, P., Lobato, J., Paz, R., Rodrigo, M. A., & Sáez, C. (2007). Advanced oxidation processes for the treatment of olive-oil mills wastewater. *Chemosphere*, 67(4), 832-838.
- [26] Canizares, P., Paz, R., Sáez, C., & Rodrigo, M. A. (2009). Costs of the electrochemical oxidation of wastewaters: a comparison with ozonation and Fenton oxidation processes. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 410-420.
- [27] Andreozzi, R., Canterino, M., Di Somma, I., Giudice, R. L., Marotta, R., Pinto, G., & Pollio, A. (2008). Effect of combined physico-chemical processes on the phytotoxicity of olive mill wastewaters. *Water research*, 42(6-7), 1684-1692.
- [28] Martins, R. C., & Quinta-Ferreira, R. M. (2011). Remediation of phenolic wastewaters by advanced oxidation processes (AOPs) at ambient conditions: comparative studies. *Chemical engineering science*, 66(14), 3243-3250.
- [29] Achak, M., Hafidi, A., Ouazzani, N., Sayadi, S., & Mandi, L. (2009). Low cost biosorbent "banana peel" for the removal of phenolic compounds from olive mill wastewater: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of hazardous materials*, 166(1), 117-125.
- [30] Kaleh, Z., & Geißen, S. U. (2016). Selective isolation of valuable biophenols from olive mill wastewater. *Journal of environmental chemical engineering*, 4(1), 373-384.
- [31] Panizza, M., & Cerisola, G. (2006). Olive mill wastewater treatment by anodic oxidation with parallel plate electrodes. *Water Research*, 40(6), 1179-1184.

- [32] Sarika, R., Kalogerakis, N., & Mantzavinos, D. (2005). Treatment of olive mill effluents: part II. Complete removal of solids by direct flocculation with poly-electrolytes. *Environment international*, 31(2), 297-304.
- [33] Stoller, M., & Chianese, A. (2006). Optimization of membrane batch processes by means of the critical flux theory. *Desalination*, 191(1-3), 62-70.
- [34] Stoller, M., & Chianese, A. (2007). Influence of the adopted pretreatment process on the critical flux value of batch membrane processes. *Industrial & engineering chemistry research*, 46(8), 2249-2253.
- [35] Ochando-Pulido, J. M., Pimentel-Moral, S., Verardo, V., & Martinez-Ferez, A. (2017). A focus on advanced physico-chemical processes for olive mill wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*, 179, 161-174.
- [36] Rahmanian, N., Jafari, S. M., & Galanakis, C. M. (2014). Recovery and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(1), 1-18.
- [37] Shadabi, S., Ghiasvand, A., & Hashemi, P. (2013). Selective separation of essential phenolic compounds from olive oil mill wastewater using a bulk liquid membrane. *Chemical Papers*, 67(7), 730-736.
- [38] El-Abbassi, A., Khayet, M., & Hafidi, A. (2011). Micellar enhanced ultrafiltration process for the treatment of olive mill wastewater. *Water research*, 45(15), 4522-4530.
- [39] Pulido, J. M. O. (2016). A review on the use of membrane technology and fouling control for olive mill wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 563, 664-675.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 05



**Roma Antik Taş Ocakları İşletim Evrelerinin ^{10}Be
Kozmojenik İzotop Yöntemi İle Saptanması:
Kestanbol, KB Anadolu
(Naki Akçar, E. Vural Yavuz)**

Roma Antik Taş Ocakları İşletim Evrelerinin ¹⁰Be Kozmojenik İzotop Yöntemi İle Saptanması: Kestanbol, KB Anadolu

Doç. Dr. Naki Akçar¹, Doç. Dr. E. Vural Yavuz²

¹Bern Üniversitesi, Jeoloji Enstitüsü-İsviçre,

E-mail: akcar@geo.unibe.ch

²Türk-Alman Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,

E-mail: vural.yavuz@tau.edu.tr

1. Giriş

Bu çalışmanın konusu; Çanakkale ili, Ezine ilçe sınırları içerisinde yüzeylenen Kestanbol intrüzyonunda eski Romalılar tarafından işletilen antik taşocaklarının işletim evrelerinin, kozmojenik yaş tayin yöntemi ile belirlenmesidir. Organik madde gereksinimi olmaksızın yaklaşık 100 yıl ile 5 milyon yıl arasında etkin nicel yaşlandırmanın yapılabildiği “Kozmojenik Yaş Tayin Yöntemi” son yıllarda yerbilimlerinde yaygın biçimde uygulanmaya başlanmıştır. Bu yaygın uygulamanın ana nedeni yanlış payı çok az olan bu yöntemin geliştirildiği günden itibaren, gerek numune hazırlamada, gerekse analizlerde kaydedilen gelişmeler sonucunda güvenilirliğinin belirgin bir biçimde yükselmesidir.

Romalılar, Çanakkale'nin Ezine köyünde çıkan Kestanbol Granit'ini (Marmor Troadense) ocaklarından çıkarıyor ve Akdeniz bölgesinin her yerine sütun ve yapı taşı olarak ihraç ediyorlardı. Bugün, bu yapı taşlarının kalıntıları, muhtemelen Helenistik şehir Neandreia ile Roma'nın Alexandreia Troas limanı arasındaki kalıntı taş ocaklarında hala bulunabilmektedir (Şekil 1). Bölgede hangi uygarlıkların yaşadığı konusunda arkeologlar arasında tartışmalar devam etmekte ve kalıntı taş ocaklarında herhangi bir yazıt (kitabe) bulunmamaktadır. Bu nedenle arkeologlar, Alexandreia Troas'ın kuruluşu ve terkedilmesine dayanarak, bu bölgedeki Roma döneminin MÖ 310'dan MS 330'a kadar sürdüğünü kabaca tahmin etmektedirler. Söz konusu alanın gelişiminin yanı sıra taş ocakçılığının tarihsel ve politik bağlamını anlamak için alanın kronolojisini oluşturmak için daha fazla jeoarkeolojik araştırma yapılması gerekmektedir.

Bugüne kadar nicel bir yaş verisi içeren herhangi bir bilimsel çalışmanın bulunmadığı Kestanbol intrüzyonundaki bu çalışma, alana ait 1:25.000 ölçekli dijital topografya haritalarından üretilmiş olan 1:10.000 ölçekli ve/veya daha küçük ölçekli topografya haritalarının arazi çalışmalarında kullanılacak hale getirilmesiyle başlamış, arazide öncelikle işletme izleri (sütun, yapıtaşı, palye vs.) ayrıntılı olarak haritalanmış ve bu sayede eski

Roma taş ocaklarının yayılımı belirlenebilmiştir. Detaylı haritalama sonrasında kozmojenik yaş tayinleri için uygun yerler belirlenerek örnekleme gerçekleştirilmiş ve kozmojenik yaş tayinleri için ^{10}Be kozmojenik izotopu kullanılarak toplam 20 adet örnek Bern Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü Kozmojenik Numune Hazırlama Laboratuvarı'nda hazırlanmış ve AMS ölçümleri ise ETH Zürih, Partikül Fizik Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir.

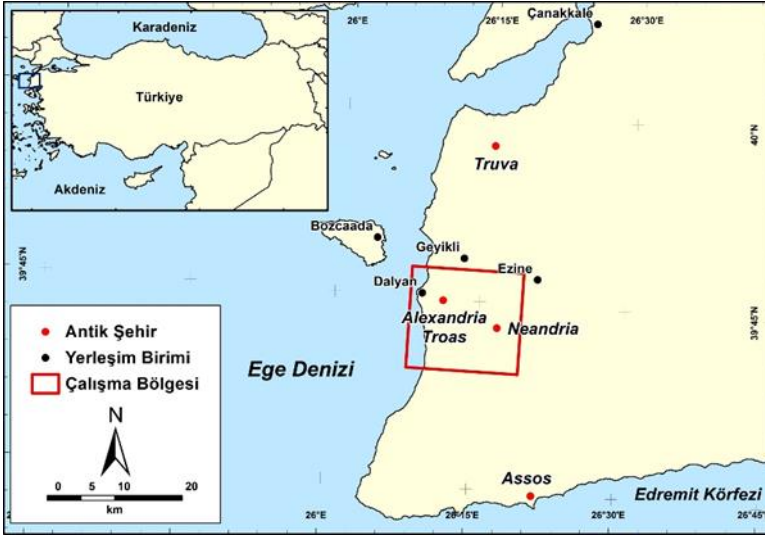
Proje kapsamında yapılacak arazi çalışmaları sonunda Roma taş ocaklarının yayılımının ve bu taş ocaklarının işletme zamanının ^{10}Be kozmojenik yaş tayini yöntemi ile belirlenmesi çalışmanın asgari başarı ölçütü olmuştur. Ülkemizde 2000'li yılların başlarında kullanılmaya başlanan kozmojenik yaş tayin yöntemi, Doğu Karadeniz, Uludağ, Dedegöl, Aladağ, Erciyes ve Sandıras dağlarında uygulanmıştır. Bu çalışmalarda, Kuvaterner buzul çökellerinin kozmojenik yaş tayinlerinin yapılmasıyla elde edilen buzul kronolojisinden yola çıkılarak oluşturulan buzul rekonstrüksiyonları, paleoiklim değişikliğinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Jeoarkeoloji alanındaki ilk ve tek uygulama ise Boğazköy'de bulunan Hitit başkenti Hattuşa'da bulunan yapı taşlarının orijininin belirlendiği ve Yenice kale yapı kompleksi'nin yapım zamanının araştırıldığı çalışmadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Hititlerin yapıtaşlarını, Hattuşa civarındaki taşocaklarından taşıdıklarını ve özellikle Yenice kale'deki yapının temelini oluşturmak üzere inşa edilen duvarın yapımı için ana kayanın yaklaşık 2-3 metre kazılarak düzlendiği ve Hattuşa dışından getirilen yapı taşları ile bu duvarın örüldüğü belirlenmiştir (Akçar vd., 2008a; Akçar vd., 2009)

Sonuç olarak, ülkemizin zengin arkeoloji mirası göz önünde bulundurulduğunda, arkeolojik/jeoarkeolojik problemlerin çözülmesinde kozmojenik yaş tayin yönteminin ne kadar etkin bir rol oynayabileceği ve ne kadar yüksek potansiyelinin bulunduğu gayet açıktır.

2. Genel Bilgiler

İnceleme alanı; Türkiye'nin batısında, Kuzeybatı Anadolu'da Biga Yarımadası'nda bulunan Çanakkale ili Ezine ilçesi sınırları içinde bulunan ve 1/25.000 ölçekli Ayvalık İ16-d2 ve İ16-c1 paftalarındaki yaklaşık 30 km²'lik alanı kapsamaktadır.

İnceleme alanının kuzeyinde Çanakkale (merkez), doğusunda Bayramiç, batısında Bozcaada ve güneyinde Ayvacık ilçeleri bulunmaktadır. Söz konusu alan içerisindeki yerleşimler, Koçali, Kayacık (Çığı) ve Yavaşlar köyleridir. Çalışma alanından Ezine'ye ulaşım, Çanakkale-İzmir Devlet Karayolu (E-84) vasıtasıyla sağlanmaktadır. Ezine'ye komşu ilçeler Bayramiç, Bozcaada ve Ayvacık ilçeleridir. Çanakkale-Ezine arası 45 km, Ezine-Bayramiç arası 25 km ve Ezine-Ayvacık arası ise 22 km'dir. İnceleme alanı ve çevresinde çoğu asfalt ve yüzey kaplama olan birçok tali yol bulunur.

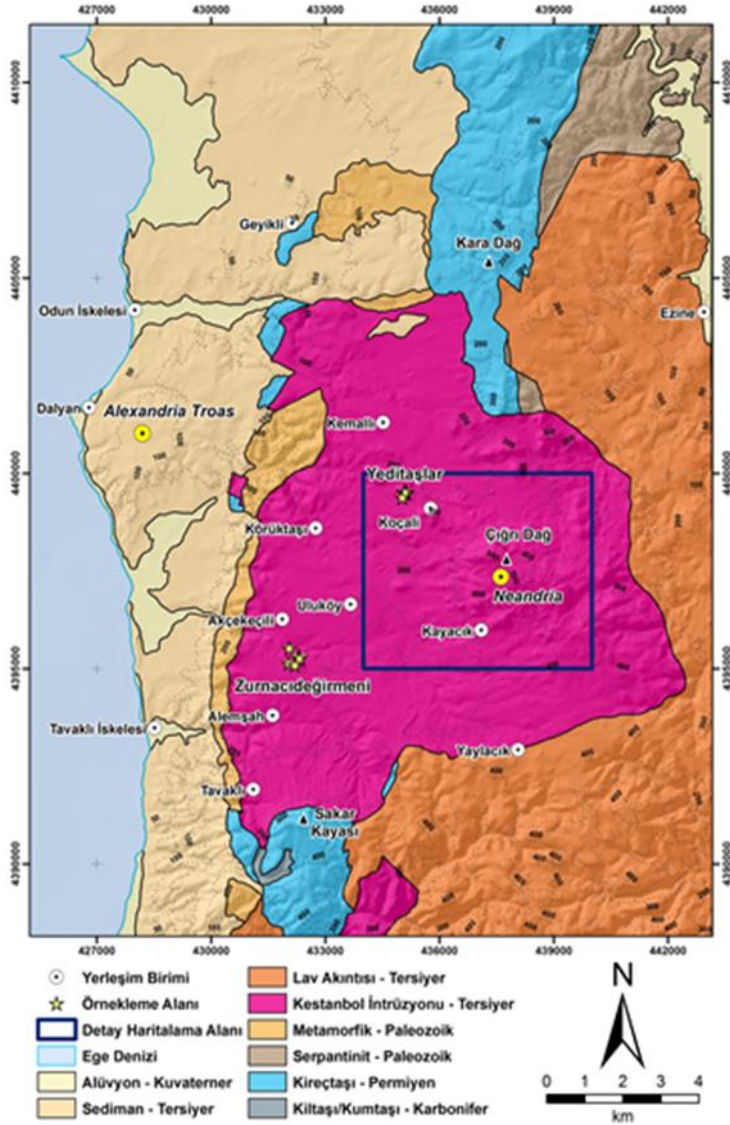


Şekil 1. Çalışma bölgesinin yer bulduru haritası.

İnceleme alanı ile yakın çevresi, yer yer engebeli olmakla birlikte, genel olarak düz bir morfolojiye sahiptir. Granitler genellikle ayrılmış olduğundan yükselti farkları düşük olup denize yakın kesimlerde yükseklik 0-50 m arasında değişmektedir. Sahile paralel olarak, kuzey- güney yönünde bir şerit halinde uzanan çökel kayalar ile granitler düz bir morfolojiye sahiptirler. Araştırma alanında en önemli yükselti 529 m ile Çığırdığı'dır. Bunun dışında Meyhane Tepe (434 m), Kızkalesi Tepe (329 m), Tekerak Tepe (387 m) Kuşkaya Tepe (322 m) ve Kurt Tepe (382 m) bulunmaktadır. Bölgenin en önemli yükseltisi ise 1700 m ile Kazdağlarıdır.

Yörede genel olarak Akdeniz iklimi hakim olup, kışın ortalama sıcaklık düşüktür. Etkin kuzey rüzgarları ve Balkanlardan sarkan soğuklar nedeniyle yılın büyük bölümü rüzgarlı geçer. Rüzgârlar genelde kuzeyden gelen poyraz ve güneyden gelen lodos rüzgârlarıdır. En düşük sıcaklık ortalaması 2,9°C, en yüksek sıcaklık ortalaması ise 30,6°C'dir. Yağışlar yağmur şeklinde olup, Kasım-Nisan aylarında oldukça yoğundur. Bölgede Akdeniz bitki örtüsü egemen olduğundan köknar, karaçam, kızılçam ve bodur ardıç ormanların ana ağaç türleridir, ayrıca, Akdeniz iklimine özgü maki, defne ve sahil kesimlerinde zeytin ağaçları yer alır.

İnceleme alanında önemli sayılabilecek bir akarsu mevcut değildir. Yörenin en önemli akarsuyu Ezine İlçesi'nin içinden geçerek Kumkale civarında denize dökülen Menderes Çayı'dır. İnceleme alanında ise yaz kış akan Ilica Dere, Arap Dere ve Köse Dere, Ege Denizi' ne dökülmektedir.

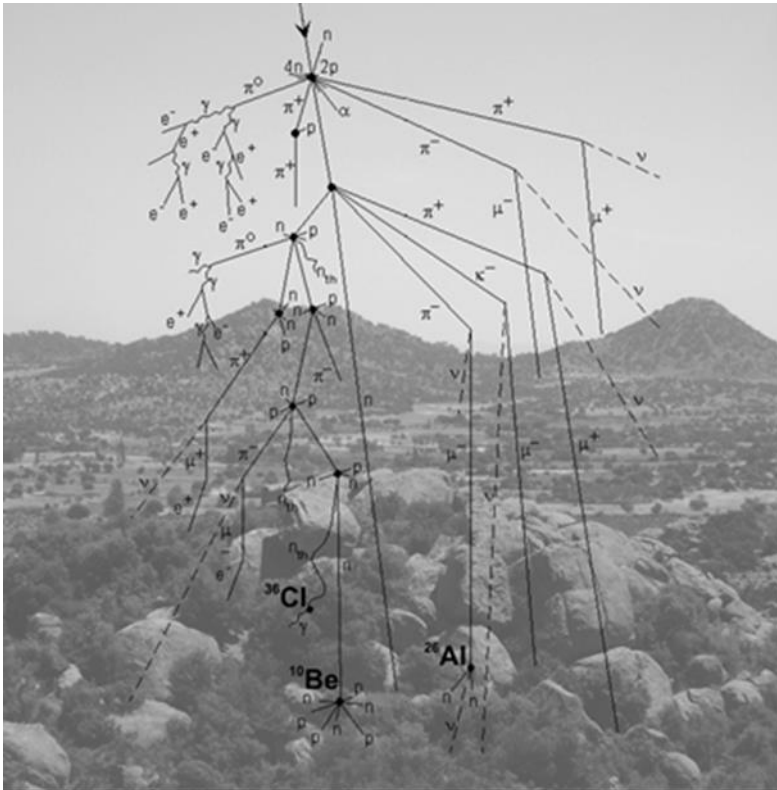


Şekil 2. Çalışma bölgesinin jeoloji haritası (Mützenberg 1990'dan değiştirilmiştir)

3. Yerküresel Kozmojenik Nüklid (YKN) Yaş Tayini

Yeryüzü, galaksimizdeki süpernova patlamalarından kaynaklanan yüksek enerjili kozmik ışınların sürekli bombardımanına maruz kalmaktadır. Kozmik ışınlar atmosfere girdiği zaman, atmosferi oluşturan moleküllerle (özellikle oksijen ve azot) çarpışır ve ikincil ve üçüncül kozmik ışınların oluşmasına neden olur. Nötron ve müonları da içeren ikincil ve üçüncül ışınlar yeryüzüne ulaşırlar ve hatta kaya ve sedimanlara nüfuz ederek metrelerce derinliğe

ulaşırlar (Şekil 3.1). Bu nötron ve müonlar, kayaçları ve sedimanları oluşturan minerallerin (örneğin kuvars, kalsit, potasyum feldspat ve olivin) kristal yapılarında bulunan bir seri hedef atomlarla çarpışarak füzyon, müon indüksiyonu ve nötron yakalama reaksiyonu gibi nükleer reaksiyonların oluşmasına neden olurlar (Lal ve Peters 1967; Reedy 1987; Lal 1988). Düşük miktarlarda da olsa YKN'ler U ve Th atomlarının radyoaktif çözünmeleri sırasında da oluşurlar (Sharma ve Middleton 1989). Bu nükleer reaksiyonlar sonucunda da ^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al ve ^{36}Cl gibi duraysız, ^3He ve ^{21}Ne gibi duraylı kozmojenik izotoplar oluşur ve bu izotoplara da yerinde oluşmuş yerküresel kozmojenik nüklidler (YKN'ler) denir (Ivy-Ochs ve Kober 2008; Çizelge 3.1).



Şekil 3.1. Kozmik ışınların atmosferi oluşturan azot ve oksijen gibi moleküllerle çarpışması sonucunda ikincil ve üçüncül ışınların oluşması ve bu ışınların kayaçları oluşturan minerallerin kristal latislerindeki atomlar ile çarpışması sonucunda ^{10}Be , ^{26}Al ve ^{36}Cl gibi kozmojenik izotopların oluşması (Gosse ve Phillips 2001’den değiştirilmiştir).

YKN'lerin oluşumunu etkileyen en önemli iki faktör, oluşum noktasının deniz seviyesinden olan yüksekliği ve enlemidir. Artan yükseklikle ve ekvator'dan kutuplara doğru ilerlendiğinde oluşum oranları artmaktadır. 60° kuzey ve güney enlemlerinin üzerinde YKN'lerin oluşumunu sadece yükseklik etkilemektedir. Bu nedenle, yeryüzünün her noktasında farklı izotoplar için farklı oluşum oranları geçerlidir. Bu oluşum oranlarına 'yerel' oluşum oranı denir. Belli bir coğrafi konumdaki yerel oluşum oranları, 'referans' oluşum oranlarının ölçeklendirme modelleri (Balco vd., 2008) kullanılarak hesaplanmaktadır. Referans oluşum oranı deniz seviyesi (0 metre) ve yüksek enlem (>60°) için kalibre edilmiş yüzey değerleridir (Gosse ve Phillips, 2001). Kayaçlardaki olivin ve piroksen minerallerinde kozmik parçacıkların birçok element ile etkileşimi sonucunda, bir gram mineralde yüksek enlem-deniz seviyesinde (DS-YE) bir yılda toplam 119 adet duraylı kozmojenik ^3He izotopu oluşmaktadır (Licciardi vd., 1999).

Bir diğer duraylı YKN olan ^{21}Ne ise, kozmik parçacıkların kuvars, olivin ve piroksen minerallerindeki silisyum ve magnezyum atomları ile etkileşimi sonucunda bir yılda bir gram mineralde toplam 20 adet civarında oluşmaktadır (Niedermann, 2000). Yarı ömrü 1.387 milyon yıl olan kozmojenik ^{10}Be izotopu sadece kuvars mineralinde oksijen ve silisyum atomlarından, deniz seviyesi-yüksek enlem'de bir yılda bir gramda 4.58 adet birikmektedir (Balco vd., 2008). Bunun yanı sıra, silisyum atomundan 30.31 adette yarı ömrü 705 binyıl olan kozmojenik ^{26}Al oluşmakta ve $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ oranı ise 6.75'dir (Balco vd., 2008). Kuvars mineralinde oksijen atomundan ^{10}Be 'a ek olarak 5.73 binyıl yarı ömürlü 16 adet ^{14}C izotopu oluşmaktadır. Radyokarbon yaş tayininde kullanılan ^{14}C izotopu kozmojeniktir ve kuvars mineralinde oluşan ^{14}C ile aynıdır. Dikkat edilmesi ve karıştırılmaması gereken nokta ise, atmosfer'de oluşan (meteorik) ve organizmalarda bulunan ^{14}C izotopunun radyokarbon yaş tayininde kullanıldığıdır. Bu nedenle meteorik ^{14}C ve yerinde oluşmuş (in-situ) ^{14}C , oluşum mekanizmaları aynı olmasına rağmen, farklı ortamlarda oluştukları için farklı uygulamalarda kullanılmaktadırlar. 301 binyıl yarı ömrü olan ^{36}Cl YKN'i ise potasyum, kalsiyum ve ^{35}Cl izotopundan oluşmaktadır (Gosse ve Phillips, 2001). Genellikle hedef mineral kullanılmadığı için, oluşum oranı kayacın kimyasal kompozisyonuna yani litolojisine göre değişmektedir. YKN'lerin oluşumuyla ilgili özelliklerin detayları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Duraysız ^{10}Be , ^{26}Al , ve ^{36}Cl ve duraylı ^3He ve ^{21}Ne YKN'lerin karakteristikleri (Ivy-Ochs ve Schaller, 2010'dan değiştirilmiştir).

YKN	Oluşum Oranı* (atom g ⁻¹ yıl ⁻¹)	Yarı Ömür (binyıl)	Hedef Element	Hedef Mineral
^3He	119 (Licciardi vd., 1999)	Duraylı	çoklu	Olivin Piroksen
^{10}Be	4.58 (Balco vd., 2008)	1387 (Korschinek vd., 2010) (Chmeleff vd., 2010)	O Si	Kuvars
^{14}C	16	5.73	O	Kuvars
^{21}Ne	20.33 (Niedermann, 2000)	Duraylı	Si Mg	Kuvars Olivin Piroksen
^{26}Al	30.31 (Balco vd., 2008)	705 (Nishiizumi, 2004)	Si	Kuvars
^{36}Cl	Litoloji bağımlı Granitte yaklaşık 10 Kireçtaşıda yaklaşık 20	301	K Ca ^{35}Cl	Tüm kayaç

*YKN oluşum oranları deniz seviyesi-yüksek enlemde (DS-YE) yüzey değerleridir (Gosse ve Phillips, 2001)

3.1. Yerbilimlerinde YKN Uygulamaları

1952 yılında ilk olarak Panet tarafından demir meteoritlerin analizlerinde kullanılan YKN'ler, 1969 yılından beri aytaşlarının analizinde kullanılmaktadır. Galaktik araştırmalarda uzun süredir kullanılan YKN'ler, yerbilimlerinde ilk olarak 1955 yılında Davis ve Schaffer tarafından uygulanmıştır. İkili, buzullar tarafından aşındırılmış mafik kayaç yüzeylerini ^{36}Cl kullanarak yaşlandırmışlardır. 1950 yıllarının sonlarında, kozmik ışınların dünyanın magnetik alanı ve atmosfer ile olan etkileşiminin daha iyi anlaşılması ve modellenmesini takiben, 1980'lerden sonra örnek hazırlamada kullanılan analitik yöntemlerin gelişmesi sonucunda da, YKN'lerin yerbilimlerindeki problemlere uygulanması giderek artmıştır (Gosse ve Phillips, 2001).

Yerbilimlerinde YKN uygulaması teoride oldukça kolaydır: YKN'lerin ya oluşumu (duraylı ve duraysız izotoplar) ya da çözünmesi (sadece duraysız izotoplar) kullanılır. Yüzey günlenme yaş tayini YKN'lerin oluşumuna dayanır (Şekil 3.2). Kayaç yüzeylerinde YKN'lerin zamanla olan birikimi izotopların özelliklerine göre değişmektedir. Duraylı izotopların (^3He ve ^{21}Ne) birikimi, artan günlenme zamanı ile doğrusal olarak artmaktadır. Zaman-birikim doğrusunun eğimi oluşum oranı tarafından belirlenir: ^3He

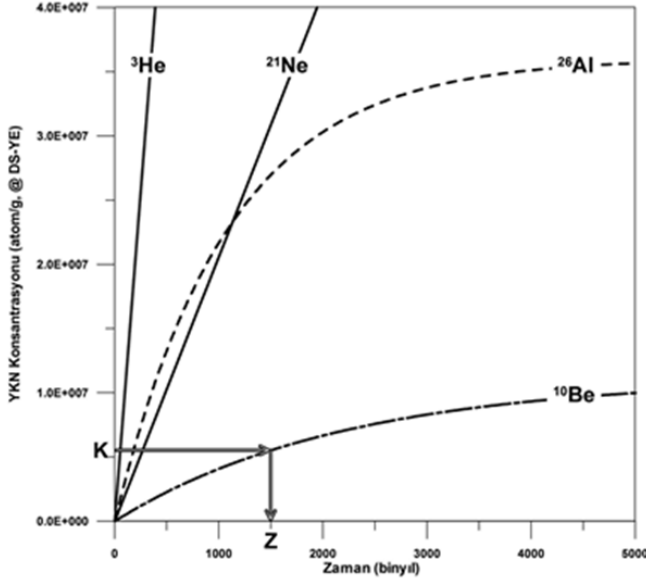
oluşum oranı ^{21}Ne oluşum oranının yaklaşık altı katı daha fazla olduğu için, ^3He zaman-birikim doğrusu ^{21}Ne doğrusuna göre daha diktir (Şekil 3.2; Çizelge 3.1). Duraylı izotoplarda ise, zaman-birikim ilişkisi eksponansiyeldir. Yaklaşık 3 yarı ömür sonra zaman-birikim eğrisi yataya yaklaşır, biriken YKN miktarı ayrıışan YKN miktarına eşit olur, ve konsantrasyon artık zamanla artmaz. Bu duruma ‘satürasyon’ (*saturation*) denir. Herhangi bir YKN’in satürasyona ulaştığı zaman, aynı YKN’in kullanıldığı yüzey günlenme yaş tayininin de uygulama aralığının üst limitidir. Bu nedenle, ^{36}Cl ile bir milyon, ^{26}Al ile iki milyon, ^{10}Be ile de 5 milyon yıla kadar yüzey günlenme yaş tayini yapılabilmektedir (Şekil 3.2; Çizelge 3.1). Bu yaş tayini tekniğinde, kayaç yüzeylerinde biriken YKN konsantrasyonu hızlandırılmış kütle spektrometrisi (*HKS-Accelerator Mass Spectrometry*) yöntemi ile ölçülmektedir. Günümüzde bu spektrometri tekniği kullanılarak yaklaşık 4000-5000 atomluk konsantrasyonlar %10’un altında hata payları ile ölçülebilmektedir (Akçar et al., 2012a). Bu durum bize, günümüz teknolojisi ile en az 100 yıllık günlenmeleri yaşlandırabileceğimizi göstermektedir.

Yüzey günlenme yaş tayininde, ^{10}Be ve ^{26}Al YKN’leri için günlenme aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilmektedir (Akçar, 2006).

$$N = \frac{PC}{\lambda + \frac{\rho\varepsilon}{\Lambda}} \left(1 - e^{-\left(\lambda + \frac{\rho\varepsilon}{\Lambda}\right)T} \right) + N_o e^{-\lambda T} \quad (1)$$

Bu denklemde; N değeri gram kuvars başına düşen atom sayısını, N_o değeri gram kuvars başına düşen günlenmenin başlangıcında var olan kozmojenik izotop sayısını, P değeri bölgesel izotop üretim oranını (atom/gram.yıl) vermekte olup C düzeltme katsayısı, T yüzeylenme süresi (yıl), λ radyonüklidin bozuşma katsayısı (1/yıl), ρ kayaç yoğunluğu (gram/cm³), ε aşınma miktarı (erozyon; cm/yıl), ve Λ ise kayaç yüzeyindeki kozmik ışın sönümlenme miktarıdır (gram/cm²), (Akçar, 2006).

YKN’lerin yerbilimlerinde kullanılan bir diğer özelliği de derinlikle eksponansiyel olarak azalan birikimdir (Şekil 3.3). Kayaçların veya çökellere nüfuz eden kozmik ışın ortamın yoğunluğuna bağlı olarak artan derinlik ile sönümlenir ve bu sönümlenme sonucunda oluşan YKN miktarı azalır. Bu özellik kullanılarak, kayaç yüzeylerinin yanı sıra sedimanter tabakaların çökelim sonrası kozmik ışınlara maruz kaldığı zaman hesaplanabilmektedir.



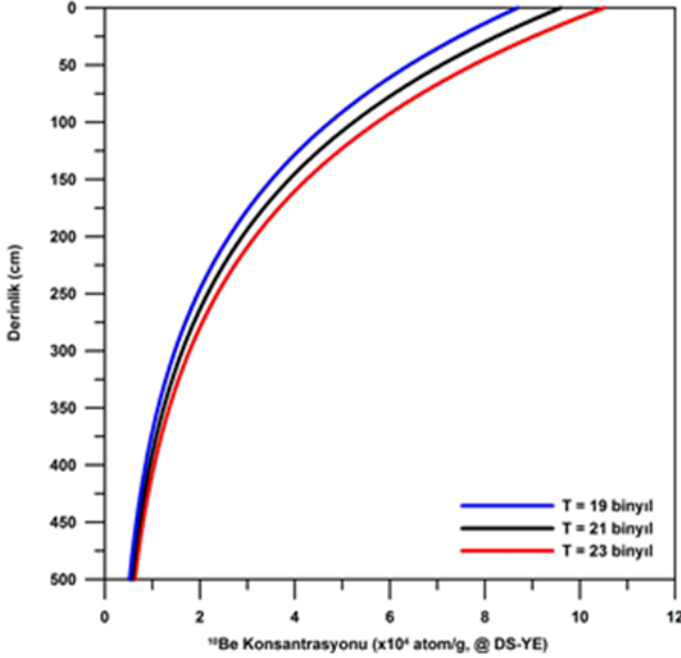
Şekil 3.2. ^3He , ^{10}Be , ^{21}Ne ve ^{26}Al YKN'lerinin deniz seviyesi-yüksek enlemde kayaç yüzeylerinde günlenme zamanına bağlı olarak birikmesini gösteren grafik.

K = YKN konsantrasyonunu, Z = bu konsantrasyona denk gelen günlenme zamanını göstermektedir. YKN konsantrasyonları Stone (2000) ölçekleme faktörleri ve standart değerleri kullanılarak CosmoCalc 1.0 (Vermeesch, 2007) ile modellenmiştir (Akçar vd., 2008a'dan uyarlanmıştır).

Son yıllarda, bu uygulama kullanılarak özellikle flüvyal ortamda çökelmiş teraslar ve alüvyal yelpazeler yaşlandırılmıştır (örneğin Hidy vd., 2010). Bu uygulamaya '*YKN Derinlik Profili*' (*Depth Profile*) adı verilir. Bu uygulama da aynı olay (event) sonucunda aynı ortamda ve aynı zamanda çökelmiş tabakalar yaşlandırılır. Bunun için, ilk olarak örnekleme yapılacak istifin yapay (doğal olmayan) yüzleşine ihtiyaç vardır. Bu yapay mostralar için en uygun yerler genellikle kum ve/veya çakıl ocaklarıdır. Bu mümkün değilse eğer, o zaman 2-3 metrelik bir hendek açılması gerekmektedir.

Yaşlandırılacak tabakanın yüzeyinde tabakanın üst kısımlarının karışmasında neden olan yüzey hareketlerine de (tarım v.b) dikkat edilmelidir. Eğer tarım yapılan bir arazi de hendek açılıyorsa, karışmış kısımdan ve yüzeyden örnek toplanmamalıdır. Bir sonraki aşama belli aralıklar ile istif derinlik profili için örneklenir. İstatistik açıdan kabul edilebilir bir modelleme için en az dört numuneye ihtiyaç vardır (Hidy vd., 2010). Ancak, edinilen tecrübeler en az beş numune alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bahsettiğimiz gibi, son yıllarda yaygın biçimde uygulanmaya başlanan derinlik profili yaşının maliyeti, bir günlenme yaşının

5 katıdır. Yüksek maliyetine rağmen, YKN derinlik profili yaşlandırılması oldukça zor olan, Kuvaterner flüvyal ve alüvyal çökellerinde başarı ile uygulanmaktadır (Haghipour vd., 2012).

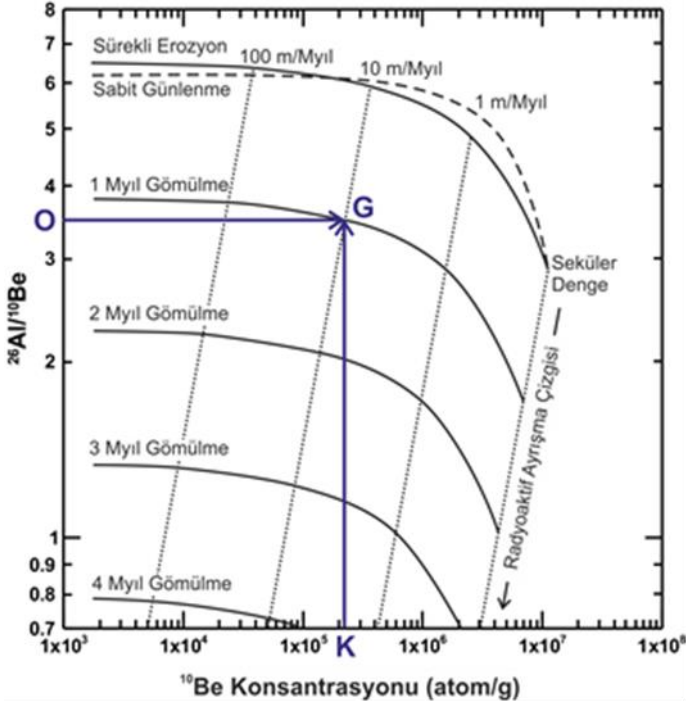


Şekil 3.3. ^{10}Be konsantrasyonunun deniz seviyesi-yüksek enlemde 19, 21 ve 23 binyıllık günlenmeler sonucunda derinliğe bağlı olarak değişmesini gösteren grafik.

^{10}Be konsantrasyonu denklem (1)'e göre, 2.65 g/cm^3 yoğunluk, 160 g/cm^2 sönümlenme oranı (Dunne vd., 1999), aşınma oranı sıfır ve düzeltme katsayısı bir kabul edilerek modellenmiştir (Akçar vd., 2011'den uyarlanmıştır).

YKN uygulamalarında, izotop birikiminin yanı sıra ayrışma miktarı kullanılarak 100 binyıl ile 5 milyon yıllık zaman aralığında gömülme yaşları belirlenir (Ivy-Ochs ve Schaller, 2010). Günümüzde, bu uygulama ile kuvars mineralindeki kozmojenik ^{10}Be ve ^{26}Al miktarları ölçülmektedir. YKN gömülme yaşı uygulamasının ana prensipleri oldukça basittir. Kayaçların yüzeyinde ve yüzeye yakın kesimlerindeki minerallerde günlenme süresince gerçekleşen YKN oluşumu, bu minerallerin erozyonu, taşınması ve ani çökmesi (bir mağarada gömülmesi) sonucu sona ermekte ve duraysız ^{10}Be ve ^{26}Al izotopları çözünmeye başlamaktadırlar. Radyoaktif çözünme sayesinde erozyon öncesi oluşan ^{10}Be ve ^{26}Al miktarı azalmaya başlar. Bu iki YKN'nin farklı izotop yarı-ömürlerinin olmasından dolayı, $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ oranı zamanla azalmaya başlar ve gömülme öncesi izotop birikimi modellendiği takdirde bu oran kullanılarak sedimanların gömülme yaşı hesaplanabilir.

(Şekil 3.4). Bu uygulamada ölçülen ^{10}Be ve ^{26}Al konsantrasyonları, gömülme öncesi var olan (kalıt) ve ayrıışan ve gömülme sonrası derinlikte biriken izotop konsantrasyonlarının toplamıdır. Klasik gömülme yaş tayini uygulamasında gömülme sonrası birikimin sıfır olduğu ve gömülme öncesi izotop birikiminin satürasyona ulaştığı kabul edilir (Granger 2006). Bu durumda, YKN derinlik profili uygulamasındaki gibi yapay yüzeyden en az 5 metre derinlikte numune toplanabilmektedir.



Şekil 3.4. Gömülme yaş tayininde kullanılan oran-konsantrasyon grafiği.

$K = ^{10}\text{Be}$ konsantrasyonunu, $O = ^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ oranını, $G =$ bu oran ve konsantrasyona denk gelen gömülme zamanını göstermektedir (Granger ve Muzikar, 2001 ve Akçar vd., 2008a'dan uyarlanmıştır).

Klasik gömülme yaş tayininin en büyük dezavantajları derinliğe olan bağımlılığıdır. Bunu bertaraf etmek için, son birkaç yılda, 'İzokron gömülme yaş tayini' (Isochron burial dating) olarak adlandırılan yeni uygulama başlatılmıştır (Balco ve Rovey, 2008; Erlanger vd., 2012). Bu uygulamada iki yaklaşım söz konusudur. Birincisi YKN derinlik profilindeki gibi aynı olay sonucunda aynı ortamda ve aynı zamanda çökelmiş birimden farklı derinliklerden en az üç örnek toplanır. Bu örneklerdeki kalıt konsantrasyonları farklı olmasına rağmen, gömülme sonrası biriken konsantrasyonları gömülme derinliğine göre değiştiği için, ^{10}Be ve ^{26}Be kalıt

konsantrasyonları modellenerek gömülme yaşı hesaplanabilmektedir (Balco ve Rovey, 2008).

İkinci yaklaşımda ise, aynı derinlikten (yatay olarak) örnekleme yapılır. Numuneler aynı derinlikten geldiği için gömülme sonrası biriken konsantrasyonlar tüm numuneler için aynıdır. Bu özellik kullanılarak yine kalıt konsantrasyonları modellenerek gömülme yaşı hesaplanır (Erlanger vd., 2012). Kısacası izokron gömülme yaş tayininin temeli, iki yaklaşımda da aynıdır, sadece örnekleme farklıdır.

Yeryüzü şekillerinin oluşum yaşlarına sayısal veri sağlayan YKN yaş tayin yönteminin geniş uygulama alanları bulunmaktadır (Gosse ve Phillips, 2001). Buzulların aşındırdığı yüzeyler ile moren sırtlarındaki blokların günlenme zamanlarının belirlenmesi yoluyla buzul ilerleme evrelerinin saptanması (Akçar vd., 2008b), kütle hareketlerinin büyüklük ve sıklıklarının belirlenmesi (Akçar vd., 2012a), kayaçların ve blokların yüzeyinde gerçekleşen aşınma oranlarının saptanması (Bierman, 1994), nehir yataklarının oluşum hızlarının hesaplanması (Seidl vd., 1997), taşkın periyodlarının belirlenmesi (Cerling, 1990), lavların yüzeye çıkış zamanlarının belirlenmesi (Zreda vd., 1993), meteor çarpma zamanlarının belirlenmesi (Phillips vd., 1991), fay aynalarındaki hareket oran ve sıklığının belirlenmesi (Akçar vd., 2012b), paleosismolojik (Vand der Woerd vd., 2000) ve paleoyükseklik (Burbank vd., 1996) bilgilerinin edinilmesi, paleolitik ve neolitik döneme ait el aletlerinin yaş tayinlerinin yapılabilmesi (Ivy-Ochs vd., 2001), ve neolitik döneme ait yapıtaşlarının çıkarılma derinliklerinin belirlenmesi (Akçar vd., 2009) kozmojenik yaş tayin metodunun alışılmış uygulama alanlarıdır.

3.2. YKN'lerin Jeoarkeolojik Problemlere Uygulanması

YKN yaş tayin yöntemi arkeolojinin birçok alanında uygulanabilmektedir. Yapay yüzeyler, fosiller, taş devrine ait el aletleri ve yapılar doğrudan yaşlandırılabilir; el aletlerini ya da fosilleri ihtiva eden sedimanların gömülme yaşları belirlenebilir ve el aletlerinin hammaddesinin üretim ve işletme stratejileri hakkında bilgi elde edilebilir (Stuart 2001; Akçar vd., 2008a). Bugüne kadar radyokarbon (Gonzalez vd., 2003), uranyum serileri (Shen vd., 2001), elektron spin rezonansı (Molodkov 2001), argon-argon (Clark vd., 2003) ve lüminesans (Valladas vd., 2003) gibi doğrudan veya dolaylı birçok yaş tayin yöntemi arkeoloji de uygulanmış ve uygulanmaktadır. Ancak, son zamanlarda arkeolojide radyokarbon limitlerinin ötesine geçebilen ve diğer yaş tayini metotlarından bağımsız bir yöntem gereksinim duyulmaktadır. Bu yaş tayin yöntemleri içerisinde, YKN tekniğinin, uzun uygulama aralığı ve organik madde ihtiyacı olmadan uygulanabilmesi nedeniyle, arkeolojide uygulanma potansiyeli oldukça yüksektir.

Arkeoloji uygulamalarında, en önemli nokta arazide (yani örnekleme öncesinde) yapılacak uygulamanın çerçevesinin belirlenmesidir. Bu belirleme sırasında var olan/ulaşılabilir bütün arkeolojik ve jeolojik veriler, çözülmesi öngörülen arkeolojik problem doğrultusunda kapsamlı olarak tartışılmalıdır. Bu noktada, çalışmada yer alan arkeoloğun katkısı çok önemlidir ve belirleyici olabilmektedir. Bu sayede, çalışma sırasında elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması aşamasında karşılaşılabilecek birçok problem daha örnekleme öncesinde saf dışı bırakılabilmektedir (Akçar vd., 2008a). Uygulama çerçevesinin ve kullanılacak olan YKN'nin belirlenmesini takiben, diğer yüzey günlenme yaş tayini uygulamalarındaki gibi örnekleme gerçekleştirilir (Gosse ve Phillips 2001). Yüzey günlenme tekniği kullanılarak, arkeolojik yapıların sadece yapım zamanları değil, aynı zamanda yıkılış zamanları da belirlenebilir. Örneğin bir yapının yıkıntıları arasında örneklenecek bloklar, bu yapının yıkılışı hakkında bilgiler verebilmektedir.

Bu uygulamalarda doğal olarak birçok problemle karşılaşılabilmektedir. Bunların içerisinde en önemlisi örneklenecek yüzeyin, önyüzeylenme (pre-exposure) ve/veya kalıt (inheritance: derinlikte oluşan YKN birikiminin sıfırlanmaması sonucunda), günlenme öncesine ait YKN konsantrasyonu içermesidir (Ivy-Ochs ve Kober 2008). Kuvaterner buzullaşmalarında, buzul tarafından taşınan eratik blokların yaşlandırılmasında bu durumla nadiren karşılaşılmamasına (Putkonen ve Swanson 2003) rağmen, arkeolojik uygulamalarda bu olasılık düşük konsantrasyon, işletme ve yapı tekniklerine bağlı olarak oldukça yüksek ve hatta kaçınılmaz olabilmektedir. Bu durum, özellikle yapıtaşlarının analizinde, dikkatli bir örnekleme sayesinde engellenebilir. Eğer her şeye rağmen kalıt problemi ile karşılaşılırsa, YKN konsantrasyonunun derinlik ile değişiminin belirlenebileceği YKN derinlik kesiti için örnekleme yapılabilir, bu örnekleme sayesinde kalıt miktarı ve erozyon oranı hakkında bilgi edinilir (Ivy-Ochs ve Kober 2008). Hatta yapıtaşının kaynağı olan taş ocağı biliniyorsa veya bulunabilirse, hem günlenmiş yüzeyler hem de kaynak yüzey örneklenebilir. İlk bakışta bu problemler umut kırıcı gibi gözükse de iyi bir arazi çalışması ile üstesinden gelinebilecek sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Uygulamada birden fazla YKN'nin analizi, maliyeti yüksek olsa da, söz konusu engellerin aşılmasında önemli katkı sağlarlar.

YKN'ler arkeolojide ilk defa kuzey Portekiz'de bulunan Côa vadisinde yüzeylenen şistlerin Paleolitik dönemde günlenmekte olup olmadıklarını belirlemek için Phillips vd. (1997) tarafından kozmojenik ^{36}Cl kullanılarak uygulanmıştır. İkinci uygulama örneğinde ise Ivy-Ochs vd. (2001) Mısır'daki Luxor yakınlarındaki Tebes dağlarında iki adet Paleolitik döneme ait çört el aletinde ^{10}Be konsantrasyonunu ölçmüşlerdir. Bir başka uygulamada ise, bir diş fosilindeki floro-apatit mineralinde başarıyla gerçekleştirilen ^3He analizi,

arkeolojik kazı alanlarında fosil kalıntılarında, ^{14}C haricinde ve organik maddeden bağımsız olarak yaş tayinlerinin yapılabileceğini göstermiştir (Farley vd., 2001).

Bu tip bir uygulamaya örnek teşkil edecek çalışma, Akçar vd. (2009) Çorum Boğazkale’de bulunan Hitit İmparatorluğunun (M.Ö. 1650/1600 - 1200) başkenti Hattuşa sit alanında gerçekleştirmiştir. Ofiyolitik melanaj içerisinde yüzen, yüzlerce metre küp büyüklüğündeki kireçtaşı bloklarının yüzlek verdiği bu bölgede, Hitit taş ustaları henüz kullanım amacını bilemediğimiz bir binanın temelini inşa etmek için Yukarı Şehrin batısında yer alan Yenicekale’deki büyük kireçtaşı bloğunun tepesini düzleyerek ve etrafına her biri 2-3 ton ağırlığındaki yapıtaşlarından oluşan bir duvar örerek, 25 x 28 metre boyutundaki ve çevresindeki yapılara göre 20-30 metre daha yüksekte bulunan, yapay bir platform oluşturmuşlardır (Seeher, 2005). Bu platformun ne zaman yapıldığını, duvarın yapımında kullanılan yapıtaşlarının nerede üretildiğini ve Yenicekale’ye nasıl getirildiğini belirlemek üzere toplam 26 numunede kozmojenik ^{36}Cl analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak ^{36}Cl YKN’nin derinlikle değişimi modellenmiş ve bu modelleme sonucunda, Hitit taş ustalarının platformu oluşturmak için anakayadan yaklaşık 2.5 metre kalınlığındaki miktarı tıraşlamak zorunda kaldıkları belirlenmiştir. Aynı yaklaşımla, Yenicekale’de örneklenen yapıtaşlarının 6 metre derinlikten yüzeye kadar değişen seviyelerden çıkarıldıkları hesaplanmıştır. Hala devam etmekte olan çalışmalarda, Hitit döneminde taş ocağı olarak işletilmiş mostralar henüz bulunamamıştır.

Yüzey günlenme yaş tayininin yanı sıra, gömülme yaş tayin teknikleri de arkeolojide kullanılabilmektedir (Akçar vd. 2008a). Arkeolojide, Paleolitik dönemde yerleşilmiş mağaralarda (Partridge vd., 2003) hem gömülmüş el aletleri hem de bu aletleri içeren sedimanların gömülme yaşları bulunabilir. Bu örnek YKN uygulamalarında, özellikle diğer yaş tayin metodlarının uygulanmadığı koşullarda, uygun ve geçerli bir karşılıklı kontrol imkânı sağlar. Bu teknik Paleolitik döneme ait mağaraların yanı sıra, farklı kültürlerle ait toprak seviyelerin yaşlandırılmasında da uygulanabilir. Böyle bir durumda, arkeolojik tabaka jeolojik bir birim olarak kabul edilir ve yaşlandırılır. Gömülme yaş tekniği, antik taş ocaklarında moloz yığınlarının yaşlandırılıp, işletme evrelerinin ilişkisinin bulunmasında kullanılabilmektedir. Ayrıca aynı teknik, doğal afetler ile arkeolojinin çakıştığı uç koşullarda da uygulanabilir. Heyelan sonucunda yok olan bir yerleşimin heyelan altında kalan kısımlarının gömülme yaşı YKN’ler kullanılarak belirlenebilir. 21. Yüzyıla birlikte, gömülme yaş tekniği arkeolojik problemlerde de uygulanmaya başlanmıştır.

Gömülme yaş tekniği ilk olarak Boaretto vd. (2000) tarafından İsrail’de bulunan Carmel dağında Tabun mağarasındaki kuvars açısından zengin sedimanter istife ve bu istife bulunan çakmaktaşıdan yapılmış el aletlerine

uygulanmıştır. Ancak bu çalışmada yüksek Al konsantrasyonu nedeniyle gömülme yaşları belirlenememiştir. Bu çalışmayı takiben, Tabun ve Qesem mağaralarındaki el aletlerinde, ^{10}Be konsantrasyonuna dayanarak, çakmak taşlarının yüzeyden toplanarak ya da 2m'den daha derin seviyelerden kazılarak elde edildiği araştırılmış ve sonucunda farklı kültürlerin farklı teknikler ile çakmaktaşını elde ettiği belirlenmiştir (Verri vd., 2002; 2004; 2005). Gerçek anlamda ilk gömülme yaşı uygulaması, Güney Afrika Sterkfontein'deki Jacovec ve Silberberg mağaralarında, hominid fosilleri içeren fosilli sedimanlarda gerçekleştirilmiştir (Partridge vd., 2003). Bu çalışmada, hominid fosillerini içeren sedimanların yaklaşık 4 milyon yıl önce gömüldüğü saptanmıştır. Elde edilen bu gömülme yaşları Doğu Afrika'da bulunan hominid fosillerin yaşlarıyla aynıdır (Clarke vd., 2003; Partridge vd., 2003). Son olarak aynı teknik Çin'de, Pekin İnsanın (Zhoukoudian Homo erectus) atalarının keşfedildiği Pekin'in güneydoğusunda bulunan Zhoukoudian Bölge-1'de yer alan mağara sedimanlarına ve sedimanların içinde gömülü olan el aletlerine uygulanmıştır (Shen vd., 2009). Ortalama 0.77 ± 0.08 milyon yıllık gömülme yaşları, erken hominidlerin bu bölgede hafif buzul dönemi olarak bilinen 18. Denizel İzotop Basamağı (MIS-18) süresince yaşamış olabileceğini göstermektedir (Shen vd. 2009).

Sonuç itibarıyla, hem yüzey günlenme hem de gömülme yaşı teknikleri arkeolojide yeni uygulanmaya başlanan yöntemlerdir. Arkeolojide yüksek potansiyeli bulunan YKN yaş belirleme teknikleri için daha fazla uygulama ve bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır.

YKN yaş belirleme yönteminin en can alıcı aşaması, arazide uygun numunenin seçilmesidir. Bu kadar pahalı ve zor bir yöntemde alınacak numuneden elde edilecek verilerin, çalışmaya % 100 katkı vermesi gerekliliği bulunmaktadır. Numune alınıp, numune hakkındaki bütün veriler kaydedildikten sonra laboratuvar çalışmaları başlamaktadır (Akçar vd., 2011).

3.3. YKN analizleri: Numune hazırlanması

Her YKN için numune hazırlama aşaması farklıdır, bu çalışma süresince kozmojenik ^{10}Be ve ^{26}Al izotopları kullanılmıştır. Bu iki YKN için laboratuvar çalışmaları fiziksel ve kimyasal olmak üzere kısaca iki kısımdan oluşur. Fiziksel kısımda amaç, numuneden saf kuvars mineralini elde edip, meteorik ^{10}Be iyonunun etkisini ortadan kaldırmaktır (Akçar 2006). Bu aşama, olağan koşullarda, en az iki hafta sürmektedir. Yenilediğimiz ve geliştirdiğimiz kimyasal kısımda (Akçar vd., 2012a) ise, fiziksel ayrıştırma elde edilen saf kuvarsa 0.15-0.20 mg ^9Be eklendikten sonra yüksek konsantrasyonlu hidroflorik asit (HF) ile eritilir. Numunede eritme süresince oluşan florür, sırasıyla nitrik asit (HNO_3), tuz ruhu (*Aqua Regia*) ve hidroklorik asit (HCl) tarafından buharlaştırma sayesinde tütsülenerek

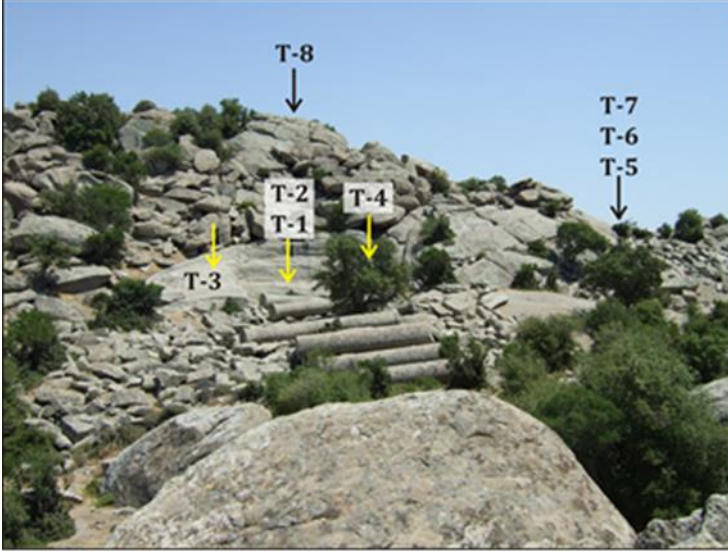
temizlenir. Daha sonra numunenin içerisinde, anyon kolonu sayesinde, demir katyonları ayrıştırılır ve numune hidroksit formda çöktürülür. Bu işlemden sonra Be ve Al iyonları 0.4 M oksalik asit ile katyon kolonunda ayrıştırılır. Bu işlem sonucunda elde edilen Be numunesine Fe eklenerek numune, hidroksit formunda yaklaşık pH 9 değerinde, yeniden çöktürülür. Çöktürülmüş gümüş nitrat solüsyonu (AgNO_3) ile karıştırıldıktan sonra 90-100°C ısıda kurutulur. Kuru karışım yüksek ısı fırınında 675°C ısıda 2.5 saat boyunca pişirilir ve eklenen gümüş metal forma indirgenerek HKS ölçümlerine hazır hale getirilir (Akçar vd. 2012a). Bu yeni protokol sayesinde düşük ^{10}Be konsantrasyonlarının düşük hata payları ile ölçülebilmesi sağlanmıştır. Mont Blanc bölgesinde (İtalya) 1717 yılında gerçekleşen ve tarihi kayıtlarda yer alan bir heyelandan alınan numunelerde yaptığımız ^{10}Be analizlerinde, yaklaşık 5000 g/atom seviyelerindeki konsantrasyonlar % 7-9 arası değişen hata payları ile ölçülmüştür (Akçar vd. 2012a). Bu da, yüzey günlenme yaş tekniğinin kısa süreli günlenmelerdeki (100 -500 yıl) güvenilirliğini oldukça artırmıştır. Bu gelişmenin diğer bir avantajı da, binyıl ölçekli günlenmelerde yüksek kaliteli HKS ölçümleri için gereken minimum saf kuvars miktarlarını aşağıya çekmiştir. Örneğin daha önceden tahmini 20 binyıllık bir günlenme için 50 g saf kuvars eritilirken, şimdi aynı sonuç 30 g ile elde edilebilmektedir. Bu daha hem birim maliyetleri hem de harcanan birim zamanı azaltmıştır.

3.3.1. Örneklem

Bu çalışma kapsamında, ^{10}Be kozmojenik yaş tayinleri için, Koçali köyü yakınlarında Yeditaşlar mevki olarak da bilinen Roma taş ocağından 9 (Şekil 2 ve 3.5), Akçaçeçili köyü Zurnacıdeğirmeni mevkiindeki ocaktan 2 (Şekil 2 ve 3.6), yine aynı mevki de bulunan terkedilmiş güncel ocaktan (1990'lı yıllarda kısa süre işletilen; Şekil 2 ve 3.7) 8 ve Sığırsartepe mevkiindeki ana kayadan ise 2 (Şekil 3.8) olmak üzere toplam 21 adet numune alınmıştır.

Yeditaşlar mevkiinin (Şekil 2) ismi burada bulunan yedi adet Roma sütunundan gelmektedir. Bu sütunların uzunluğu 11.5 metre ve çapı 1.65 metredir. Yaklaşık 65 ton ağırlığındaki bu sütunların üretildiği altı metre yüksekliğindeki işletme aynası ise YKN yüzey günlenme yaş tayini için ideal örneklem yeridir. Kalıt riskinin yüksek olması nedeniyle çalışma kapsamında sütunlardan örnek alınmamıştır. Günlenme yaş tayini için bu mevkiindeki işletme aynasından 4 adet ve aynanın kuzey doğusunda bulunan işletme basamaklarından 3 adet olmak üzere toplam 7 numune alınmıştır. Sekizinci numune ise işletme aynasının açıldığı anakayanın en üst noktasındaki doğal yüzlekten alınmıştır. Bu örneklem 'eski topoğrafya' (old landscape) yaşının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5).

65 tonluk sütunların üretildiği bir başka ocakta, Akçakeçili köyü Zurnacıdeğirmeni mevkiinde yer almaktadır (Şekil 2). Bu noktada da birçok büyük sütun bulunmaktadır.



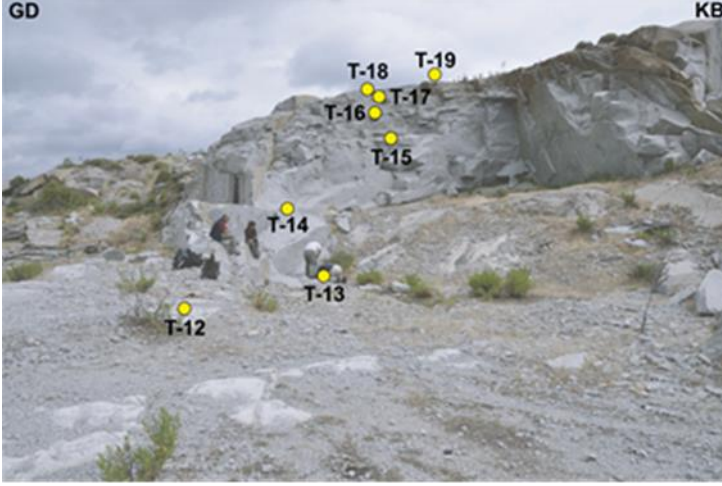
Şekil 3.5. Yeditaşlar antik taş ocağı ve bu ocaktan alınan numune yerleri.



Şekil 3.6. Akçakeçili köyü yakınlarındaki antik taş ocağı ve bu ocaktan alınan numune yerleri.

Ancak bu bölgedeki işletme aynası, Yeditaşlar'daki gibi büyük ve iyi korunmuş değildir. Bu nedenle, bu noktadaki en uygun örnekleme bölgesi

işletme basamaklarıdır. Bu basamaklardan günlenme yaş tayini için iki adet numune toplanmıştır (Şekil 3.6). Bu örneklerin yatay yüzeylerden toplanmış olması, ayna örneklerine göre daha avantajlıdır. Çünkü ayna yüzeyi gibi dikey yüzeylerden toplanan örneklerde yaklaşık % 50 oranında kalkan etkisi düzeltilmesi yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, eğimi sıfır olan yüzeyler, YKN yaş tayini tekniğinde tercih edilen en uygun örnekleme yüzeyleridir.



Şekil 3.7. Akçağaçlı köyü yakınlarındaki terk edilmiş güncel ocak ve bu ocaktan alınan numune lokasyonları (Haudenschild 2012'den değiştirilmiştir).

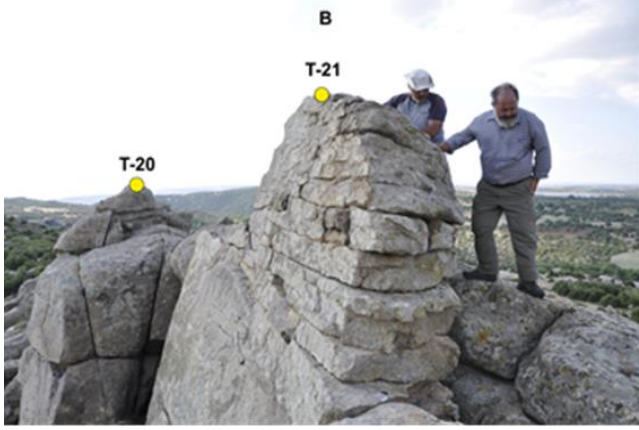
Akçağaçlı köyü yakınlarındaki terk edilmiş güncel ocak, 1990'lı yıllarda kısa süreli işletilmiş, ancak bu noktadaki malzemenin yapıtaşı kalitesinin ana kayadaki yoğun çatlak sistemleri sebebiyle düşük olmasından dolayı günümüzde kullanılmamaktadır. Çalışmamızın ikinci aşamasında, atıl durumdaki bu ocaktan kozmojenik ^{10}Be izotopunun derinlikle olan değişimini modelleyerek eski topoğrafya yaşını belirlemek amacı ile farklı derinliklerden 8 adet numune alınmıştır (Şekil 3.7).

Yeditaşlar'da uygulanan ana kaya doğal yüzlek örnekleme yaklaşımı, Akçağaçlı köyü yakınlarındaki örnekleme alanlarında da uygulanmış ve bu civardaki en yüksek tepelik olan Sığırsarıtepe'nin en yüksek iki noktasındaki doğal ana kaya 'eski topoğrafya' yaşının belirlenmesi amacıyla çalışma kapsamında örneklenmiştir (Şekil 3.8).

3.3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma kapsamında alınan numuneler, Bern Üniversitesi Jeoloji Enstitüsünde yukarıda açıklanan kozmojenik yaş tayini numune hazırlama protokolu kullanılarak hazırlanmış (Akçar vd., 2012a) ve laboratuvar çalışmaları İsviçre Ulusal Bilim Fonu 200001-100540 no'lu araştırma projesi

tarafından desteklenmiştir. Numunelerin ve boşların (Blank) $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ HKS ölçümleri uygun standartlarda (Synal vd., 1997) ETH Partikül Fiziği Enstitüsü'nde tamamlanmıştır. Numuneler, her biri 9 numune ve 1 tam süreç boştan (Full Process Blank) onlu gruplar halinde işlenmiştir. Bu çalışmada hazırlanan tam süreç boşların ortalama $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ oranı 3.1×10^{-15} olmuştur.



Şekil 3.8. Sığırasaritepe mevkiindeki anakayadan alınan numune lokasyonları

3.4.Karbon Ondört (14C)Yaş Tayini

Arazi çalışmaları sırasında, *Alexandria Troas* kentinin kalıntılarını örten istifte siyah renkli metal ve cam parçaları içeren yangın olayını belirten ince bir karbon tabakası tespit edilmiştir (Şekil-3.9). Bu tabakada yapılan detaylı inceleme sonunda, üç adet küçük odun kömürü parçası bulunmuştur. Bulunan parçaların HKS analizleri ETH Partikül Fiziği Enstitüsü 14C yaş tayin laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9. Alexandra Troas kentinin kalıntılarını örten istifte siyah renkli metal ve cam parçaları içeren ve yangına işaret eden ince karbon tabakası.

Çizelge 3.2. Kestanbol projesi kapsamında toplanan numunelere ait bilgiler

Örnek	Yer	Yükseklik (m)	Enlem °N (DD.MM) WGS84	Boylam °E (DD.MM) WGS84	Numune Kalınlığı (cm)	Numune Kalınlık Düzeltme Faktörü ^a	Topografik Kalkan Düzeltme Faktörü ^b
T-1A		216	39.7414	26.2417	4.0	0.9670	0.6259
T-2		216	39.7414	26.2417	5.0	0.9590	0.6259
T-3		220	39.7414	26.2418	2.0	0.9833	0.7096
T-4		219	39.7413	26.2422	3.0	0.9751	0.5723
T-5	Yeditaşlar	218	39.7414	26.2418	5.0	0.9590	0.6259
T-6		214	39.7414	26.2416	4.0	0.9670	0.6259
T-7		224	39.7413	26.2423	4.0	0.9670	0.9982
T-8		237	39.7415	26.2419	5.0	0.9590	1.0000
T-9		205	39.7402	26.2411	5.0	0.9590	0.5000
T-10	Zurnacı-	154	39.7053	26.2087	5.0	0.9590	0.9700
T-11	değirmeni	156	39.7053	26.2087	4.5	0.9630	0.9898
T-12		182	39.7034	26.2097	5.0	-	-
T-13		182	39.7033	26.2098	5.0	-	-
T-14		184	39.7033	26.2099	5.0	-	-
T-15	Terkedilmiş	187	39.7032	26.2098	7.0	-	-
T-16	Güncel	189	39.7032	26.2098	5.0	-	-
T-17	Ocak	189.5	39.7032	26.2098	4.0	-	-
T-18		190	39.7032	26.2098	4.0	-	-
T-19		196	39.7030	26.2100	5.0	0.9597	0.999
T-20	Sığırsarı-	222	39.7018	26.2067	5.0	0.9597	1.000
T-21	tepe	227	39.7014	26.2086	5.0	0.9597	1.000

^a Numunelerin kalınlık düzeltmesinde Gosse ve Phillips (2001) temel alınmış, kozmik ışın sönümlenme miktarı için 160 g/cm^2 ve kayaç yoğunluğu için ise 2.65 g/cm^3 değerleri kullanılmıştır.

^b Topoğrafik kalkan düzeltmeleri, Dunne vd. (1999) temel alınarak hesaplanmıştır.

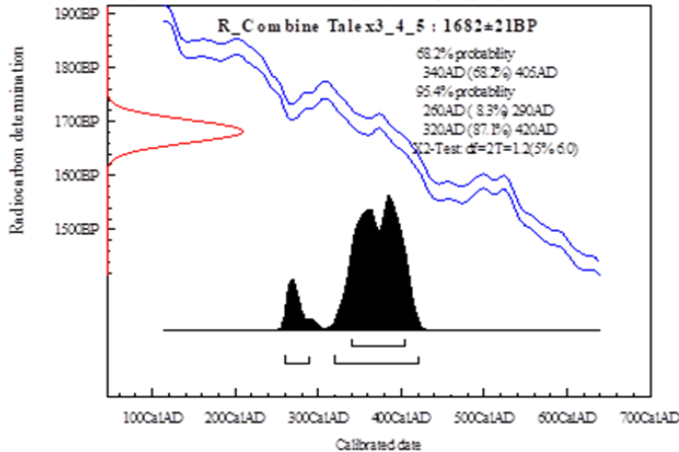
4. Sonuçlar

Proje kapsamında Aleksandria Troas antik kenti kalıntılarını örten sedimanlardan alınan “Odun kömürü” örneklerinden 1680 ± 40 , 1710 ± 35 ve 1655 ± 35 GÖ ^{14}C yaşları elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Bu örneklerin aynı tabakadan alınmış olması, standart kalibrasyonun yanı sıra ^{14}C yaşlarının stratigrafik kalibrasyonunu da mümkün kılmaktadır (Çizelge 4.1). Stratigrafik kalibrasyon M.S. 340 - 405 (1 sigma olasılığı) aralığını vermektedir (Şekil 4.1; Çizelge 4.1). Bu sonuç bize en geç M.S. 340 - 405 yılları arasında Aleksandria Troas antik kentinin yıkıldığını göstermektedir. Bu kentin yıkılması da, kentin doğu kısmında kalan ve kentin en büyük ekonomik kaynağı olduğu anlaşılan bu ocakların da işletmelerinin durması anlamına gelir. Bu nedenle, ocakların işletme dönemi sonunu, en geç yukarıda belirtilen yıllar aralığındaki dönem olduğunu kabul edebiliriz.

Çizelge 4.1. Alexandria Troas kentinin kalıntılarını örten istiftten alınan numunelerin ^{14}C analiz, yaş ve kalibrasyon sonuçları.

Numune	Laboratuvar Kodu	Malzeme	^{14}C Yaş (GÖ Yılı)	Delta ^{13}C (‰)	Kalibre ^{14}C Yaş (Takvim Yılı)
Talex-3	ETH-43482	Odun kömürü	1680 ± 40	-23.0 ± 1.1	1σ olasılık MS 260-280 (6.4%) MS 330-420 (61.8%) 2σ olasılık MS 240-440 (95.4%)
Talex-4	ETH-43483	Odun kömürü	1710 ± 35	-23.1 ± 1.1	1σ olasılık MS 250-300 (22.5%) MS 320-390 (45.7%) 2σ olasılık MS 240-410 (95.4%)
Talex-5	ETH-43484	Odun kömürü	1655 ± 35	-23.0 ± 1.1	1σ olasılık MS 340-430 (68.2%) 2σ olasılık MS 250-300 (6.5%) MS 320-470 (79.7%) MS 480-540 (9.2%)
Birleşik ^{14}C Yaşı			1682 ± 21	-	1σ olasılık MS 340-405 (68.2%) 2σ olasılık MS 260-290 (8.3%) MS 320-420 (87.1%)

Belirtilen ^{14}C yaşlarına delta ^{13}C düzeltmesi uygulanmıştır. Delta ^{13}C değerleri grafitte ölçülmüştür ve ilave ayrışma (additional fractionation) içerebilir. GÖ: Günümüzden Önce (1950 öncesi). 1σ olasılık % 68.2, 2σ olasılık % 95.4 'dür. MS: Milattan Sonra. ^{14}C yaşlarının kalibrasyonu Reimer vd. (2009)'nin atmosferik verileri kullanılarak, Bronk Ramsey (2009) tarafından hazırlanan OxCal v3.10 programında yapılmıştır. Birleşik ^{14}C yaşı ise aynı tabakadan alınan numunelerin stratigrafik kalibrasyonu sonucunda hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Alexandria Troas kentinin kalıntılarını örten istiftten alınan numunelerin birleşik kalibrasyon grafiği ve elde edilen birleşik kalibre ^{14}C yaşı. Kalibrasyon Reimer vd. (2009) 'nin atmosferik verileri kullanılarak, Bronk Ramsey (2009) tarafından hazırlanan OxCal v3.10 programında yapılmıştır.

Proje kapsamında alınan numunelerin ^{10}Be HKS analizleri, iki tanesi (T-2 ve T-5) hariç, başarı ile tamamlanmıştır. Bu iki numunenin HKS ölçümleri numunelerdeki yüksek alüminyum miktarı nedeniyle tamamlanamamıştır. Çalışma sırasında alınan örneklerinden elde edilen ^{10}Be verileri (eritilen kuvars miktarı, ^9Be katkısı ve ^{10}Be konsantrasyonu) ve günlenme yaşları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kestanbol projesi kapsamında alınan örneklerden elde edilen ^{10}Be verileri ve günlenme yaşları.

Numune	Yer	Eritilen Kuvars Miktarı (g)	^9Be Katkısı (mg)	^{10}Be (10^4 atom.g $^{-1}$)	Günlenme Yaşı (10^3 yıl)
T-1A		52.5198	0.2025	1.93 ± 0.21	7.9 ± 0.5
^a T-2		34.5677	0.2031	-	-
T-3		78.7123	0.2278	2.41 ± 0.13	7.1 ± 0.4
T-4		101.0197	0.2183	2.00 ± 0.10	7.3 ± 0.3
^a T-5	Yeditaşlar	102.6465	0.2543	-	-
T-6		107.2270	0.2236	2.33 ± 0.11	7.9 ± 0.4
T-7		102.6756	0.2540	4.88 ± 0.24	10.3 ± 0.5
^b T-8		83.8621	0.2275	59.38 ± 1.78	128.8 ± 4.5
T-9		71.4002	0.1744	2.19 ± 0.18	8.6 ± 0.4
T-10	Zurnacı-	86.7962	0.1723	1.94 ± 0.09	4.1 ± 0.2
T-11	değirmeni	90.5257	0.1746	2.53 ± 0.11	5.2 ± 0.2
^c T-12		63.6787	0.1473	1.68 ± 0.09	-
^c T-13		63.0397	0.1478	1.39 ± 0.07	-
^c T-14		65.6231	0.1475	1.48 ± 0.09	-
^c T-15	Terkedilmiş	64.1433	0.1478	1.62 ± 0.09	-
^c T-16	Güncel	78.3547	0.1430	2.25 ± 0.11	-
^c T-17	Ocak	80.2078	0.1424	3.72 ± 0.17	-
^c T-18		75.6367	0.1482	5.74 ± 0.25	-
^b T-19		40.0365	0.1477	33.58 ± 1.01	81.6 ± 3.2
^b T-20	Siğirası-	58.4619	0.1477	23.18 ± 1.12	50.9 ± 2.9
^b T-21	tepe	38.1998	0.1467	32.76 ± 0.99	76.4 ± 2.9

^aNumunedeki yüksek alüminyum konsantrasyonu nedeniyle AMS ölçümü gerçekleşmedi.

^bAna kaya numunesi

^cDerinlik profili numunesi

Not: AMS ölçüm hataları 1σ seviyesindedir. Bu hata payı istatistikî hataları ve standartların ve tam süreç boşların normalleştirilmesinden kaynaklanan hataları da içermektedir. Kalkan etki düzeltmesi kayaç yüzeyinin eğimini, topografyanın kalkan etkisini, numune kalınlık etkisini kapsamakta, ancak kar ve/veya erozyon düzeltmelerini içermemektedir. Günlenme Yaşları enlem, boylam ve yükseklik ölçeklendirmesinden kaynaklanan hataları içermekte, ancak metinde değinilen izotop oluşum hata paylarını kapsamamaktadır. Hesaplanan günlenme yaşının genel belirsizlik % 13’den daha azdır (bkz. Gosse ve Phillips, 2001).

Kozmojenik günlenme yaşları Balco vd. (2008) tarafından hazırlanan CRONUS-Earth online calculator (http://hess.ess.washington.edu/math/wrapper_script_2.2_main_calculator_2.1_constants_2.2.1_and_muons_1.1) kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda ^{10}Be radyonüklüdünün oluşma miktarı olarak, Lal (1991)/Stone (2000) modelleme ölçeğinde deniz seviyesi

ve yüksek enlemde gram kuvars başına 4.39 ± 0.37 atom değeri kullanılmıştır (*CRONUS calculator update from v. 2.1 to v. 2.2 published by Balco in October 2009*). Yerel oluşum oranları toplam radyonüklüd oluşumunun % 2.6'sının muon katılımıyla gerçekleştiğini varsayarak enlem ve boylamlar için Lal(1991)/Stone(2000) modellemesinde ölçeklendirilmiştir.

Hesaplamalarda, paleomagnetizma şiddetindeki değişimler ve anti-çift kutup (non-dipole) etkileri (Masarik vd., 2001) hesaplamalarımızdaki düzeltmelere katılmamıştır. Topoğrafik kalkan düzeltmeleri, Dunne vd. (1999) temel alınarak, ufuk açısının (θ) kutup açısına göre $(\sin\theta)^{2.3}$ oranında değişimi kullanılarak hesaplanmıştır. Kayaç yüzeyindeki kozmik ışın sönümlenme miktarı 160 g/cm^2 olarak kullanılmıştır (Masarik ve Reedy, 1995). Derinlikle eksponansiyel olarak değişen kayaç yoğunluğu olarak 2.65 g/cm^3 değeri kullanılmıştır.

Çalışma bölgesinin güncel bitki örtüsü ve iklimi göz önünde bulundurulduğunda, bitki ve kar örtülerinin kalkan etkisinin minimal düzeyde olduğu varsayılarak, hesaplanan yaşlarda herhangi bir düzeltme yapılmamıştır.

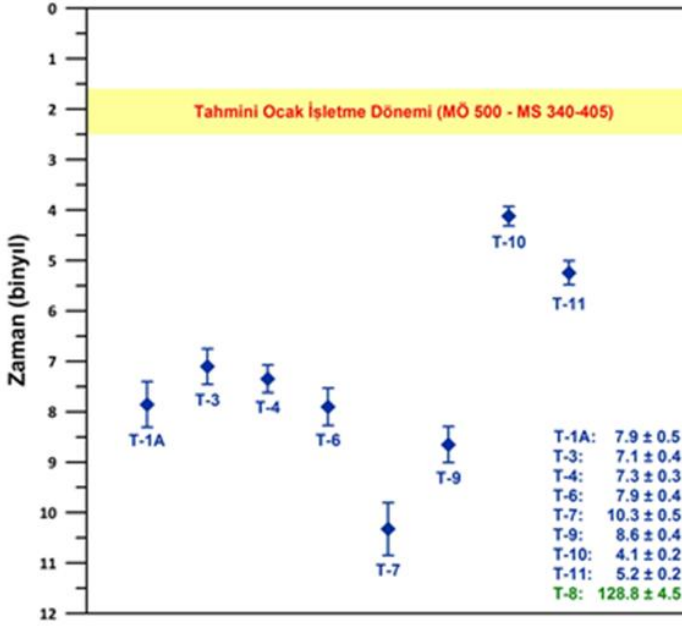
Önceki gelişme raporlarında belirtildiği gibi, ilk aşamada Koçali köyü yakınlarında Yeditaşlar mevki olarak da bilinen Roma taş ocağından (Şekil 3.5) ^{10}Be kozmojenik yaş tayini yapabilmek için 9, Akçaçekili köyü yakınlarındaki ocaktan (Şekil 3.6) ise 2 olmak üzere toplam 11 adet numune alınmıştır. Bu örnekler ocaklardaki işletme aynalarından ve basamaklardan toplanmıştır. T-8 no'lu örnek Yeditaşlar mevkiindeki en yüksek anakaya doğal yüzleğinden alınmıştır. Bu örnekleme amacı, daha önce belirtildiği gibi bu bölgede minimum 'eski topografya yaşı'nın belirlenmesidir. Anakayadan 128.8 ± 4.5 bin yıllık günlenme yaşı elde edilmiştir. Bu sonuç, bu topografyanın en az 129 bin yıldır günlenmekte olduğunu göstermektedir. Yeditaşlar mevkiindeki ocak işletme aynalarından alınan numuneler ise 4.1 ± 0.2 bin yıl ila 10.3 ± 0.5 bin yıl arasında günlenme yaşları vermiştir (Şekil 4.2). Bu sonuçlar, proje kapsamında elde edilen radyokarbon yaşlarına (M.S. 340 – 405) göre oldukça yaşlıdır. Bu durumda, bu ocakların daha eski olduğu veya kozmojenik yaş tayinlerinin yanlış olduğu sonuçları çıkarılamaz. Bu kozmojenik izotopların yerbilimlileri uygulamalarında karşılaşılabilen ve 'önyüzeylenme' (pre-exposure) veya 'kalıt' (inheritance) olarak bilinen durumdur. 'Önyüzeylenme' (pre-exposure) herhangi bir yüzeyin günlenme öncesinde yüzeylenerek belli miktarda kozmojenik izotop birikimi sonucunda olur, bu durumda günlenme yaşı gerçek yaştan daha büyük olur. 'Kalıt' (inheritance) durumunda ise, benzer şekilde, günlenme harici kozmojenik izotop miktarı derinlikte oluşur ve yüzeylenme sırasında tamamen aşındırılmaz. Eğer herhangi bir yüzeyde 100 adet kozmojenik ^{10}Be izotop oluşuyorsa, 10 cm derinlikte oluşan izotop sayısı 94, 1 m derinlikte 54'e, 10 m derinlikte ise 1'e düşmektedir. Bu durum, kozmojenik izotop yaş tayininin

en çok uygulandığı alan olan Kuvaterner buzullaşmalarında fazla bir problem yaratmaz, zira ilerleyen bir buzulun yaklaşık 2-3 metrelik bir aşınım yapması, buzullaşma öncesi oluşan bütün izotopları aşındırmasına neden olur. Ayrıca belli aralıklarda gerçekleşen buzul salınımları zaten bu yöntem tarafından tespit edilebilecek konsantrasyonlara ulaşılmasına engel olur. Ancak çalışma alanı gibi, buzullaşma aktivitesinin olmadığı alanlarda birkaç milyon yıllık yüzeylemeler, derinlikte bile ölçülebilir dolayısıyla yaş tayinini etkileyecek miktarların birikmesine neden olabilir. Elde ettiğimiz ilk yaşlar ve anakayadan elde edilen 129 bin yıllık sonuç benzer durumun çalışma alanında da var olduğunu göstermektedir.

Hitit başkenti Hattuşa'da yapmış olduğumuz benzer bir çalışmada, yine 'kalıt' problemi ile karşılaşmış, bu nedenle yapı taşlarını ve dolayısıyla taş yapıların yapım zamanı doğrudan yaşlandırılammış, ancak Hitit taş ustalarının binaların yapımı için ne kadar hafriyat yaptığı ve yapı taşlarının çıkarıldıkları derinlikler hesaplanabilmiştir (Akçar vd., 2009). Hattuşa'da direk yaşlandırmanın karşısındaki en büyük engel yapı taşlarının (özellikle kireçtaşı) üretildiği ocakların yerlerinin henüz bulunamamış olmasıdır. Bu çalışmada ise, kalıt probleminin çözülebilmesi için lehimize olan iki faktör bulunmaktadır. Birincisi işletme aynalarının korunmuş olması, ikincisi ise bu aynalarda ne kadar işlem yapıldığı (aynanın doğal yüzeyden olan derinliği) arazide tespit edilebilmesidir. Bu nedenle, projenin ikinci aşamasında kozmojenik ^{10}Be izotopu oluşumunun derinlikle değişimi modellemek amacıyla Akçakeçili köyü Zurnacıdeğirmeni mevkiinde bulunan terk edilmiş güncel ocaktan (1990'lı yıllarda kısa süre işletilen) 8 ve Sığırsarıtepe mevkiindeki anakayadan 2 olmak üzere toplam 10 numune daha alınmıştır (Şekil 3.7 ve 3.8, Çizelge 3.2).

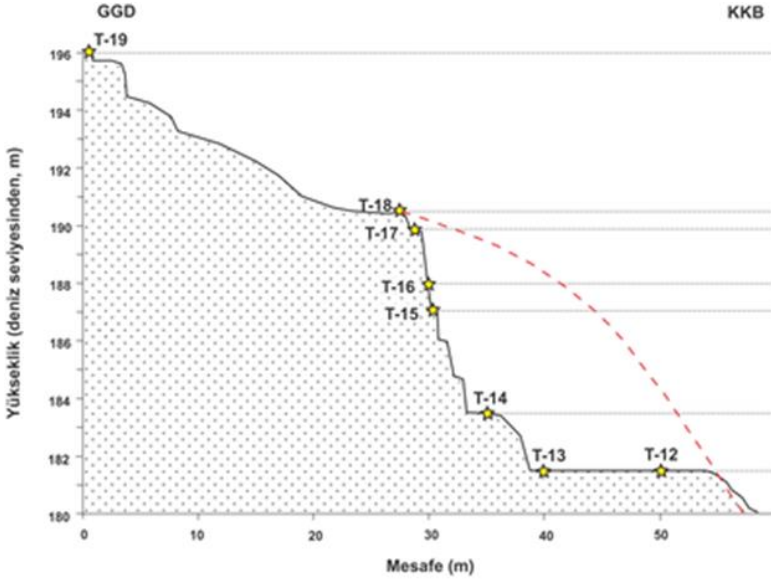
Sığırsarıtepe mevkiindeki ana kayadan alınan iki numuneden T-20: 50.9 ± 2.9 binyıl, T-21: ise 76.4 ± 2.9 binyıl günlenme yaşları elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu yaşlar, Yeditaşlar mevkiinden alınan T-8 örneğinin 129 binyıllık günlenme yaşına göre oldukça gençtir. Aynı şekilde güncel ocak sınırları içinde en yüksek noktadan alınan ana kaya örneği T-19: 81.6 ± 3.2 binyıl günlenme yaşı vermiştir (Çizelge 4.2). Yukarıda bahsedildiği gibi, milyon yıl ölçeğindeki günlenmelerde anakayadan bu tip günlenme yaşlarının elde edilmesi olağandır. Bu ölçekteki günlenmelerde, aşınma, dökülme, devrilme gibi yüzey süreçlerinin etkin olması anakayada sürekli günlenen bir mostranın bulunmasını engellemektedir. Ayrıca, Kestanbol granitinde arazide gözlemlenen tipik granit aşınma şekilleri bu savımızı desteklemektedir. Bu durumda, eski topoğrafya yaşının belirlenmesi ve kozmojenik ^{10}Be izotopu oluşumunun derinlikle değişimini modellemek için Hidy vd. (2010) tarafından hazırlanan Matlab® kodu kullanılmıştır. Bu modelleme temelde oldukça basittir. Bu kod, üç bilinmeyen (günlenme süresi, net aşınma ve kalıt miktarı) alt ve üst sınırları arasında kalan alanda Monte Carlo

Simülasyonu® kullanarak istatistiksel olarak en anlamlı derinlik profilini belirlemektedir (Hidy vd., 2010). Tekrarlamalı olarak (iteratively) kullanılan bu program esasında yüzeylerin günlenmesi süresi yerine jeolojik birimlerin günlenme yaşını hesaplamaktadır. Bu yöntemle, yüzey süreçlerinin etkilediği ve sadece minimum günlenme süresinin belirlenebildiği anakaya mostralarında ‘eski topografya yaşı’ hesaplanabilmektedir. Üç bilinmeyen olan bu hesaplama da, en önemli faktör anlamlı ve kabul edilebilir bir yaş hesabı için en az dört adet verinin olması gerektirir.



Şekil 4.2. Roma taşocaklarından alınan numunelerden elde edilen ^{10}Be günlenme yaşları. Ana kaya numunesinden elde edilen yaş bu grafikte gösterilmemiştir. Ocak işletme döneminin başlangıcı var olan arkeolojik verilere, bitiş dönemi ise Alexandra Troas kentinin kalıntılarını örten sedimanlardan alınan “Odun kömürü” (Charcoal) örneğinden elde edilen radyokarbon yaşına dayanmaktadır. Zaman ekseninde 0 değeri MS 2000 yılına denk gelmektedir.

Modellemeye başlamadan önce, Sığırsarıtepe mevkiindeki günümüzde kullanılmayan taş ocağının işletme öncesi topografyası 1962 yılı baskısı 1:25000’lik harita yardımıyla tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Daha sonra T-18 ve T-13 numunelerinin derinlikleri kazı öncesi topografyaya göre düzeltilmiştir. Düzeltilmiş derinlik verileri ve ^{10}Be konsantrasyonları kullanılarak modellemeye başlanmıştır.



Şekil 4.3. Akçağaçlı köyü yakınlarındaki terkedilmiş güncel ocağın kesiti ve bu ocaktan alınan numune lokasyonları (Haudenschild 2012'den değiştirilmiştir). Kırmızı kesikli çizgi 1962 baskısı topoğrafya haritasından belirlenen işletme öncesi topoğrafyayı göstermektedir.

Bu modellemede T-19 numunesi doğal ana kaya yüzleği olmadığı, T-12 numunesi ise yatay yüzeye yakın olduğu için kullanılmamıştır. Hidy vd. (2010) tarafından hazırlanan Matlab® kodu ile yapmış olduğumuz modelleme sonucunda, bu bölgede ana kayanın en az 1.9 milyon yıldır günlenmekte olduğu ortaya çıkmıştır. Yaklaşık 2 milyon yıllık 'eski topoğrafya yaşı' bize kalıt düzeltmesi yapma imkânı vermiştir (Çizelge 4.3). Bu düzeltme Zurnacıdeğirmeni mevkiindeki Roma taş ocağındaki işletme basamaklarından alınan T-10 ve T-11 numunelerine uygulanmış ve günlenme yaşları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için önce 2 milyon yıllık günlenme sırasında derinlikle oluşan kozmojenik ^{10}Be miktarı T-10 ve T-11 numunelerinin alındığı Zurnacıdeğirmeni mevkiinin coğrafi konumuna ölçeklendirilmiştir. Daha sonra bu numunelerin güncel yüzeye olan mesafesinde yani derinliğinde oluşan minimum ve maksimum ^{10}Be miktarları hesaplanmıştır. Bu miktarlar çizelge 4'de minimum ve maksimum kalıt konsantrasyonları olarak sunulmuştur. Bu numunelerde ölçülen minimum ve maksimum konsantrasyonlara minimum ve maksimum kalıt düzeltmesi uygulanarak, düzeltilmiş kozmojenik ^{10}Be miktarları hesaplanmıştır. Son aşamada ise düzeltilmiş miktarlar kullanılarak düzeltilmiş günlenme yaşları hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). Zurnacıdeğirmeni mevkiindeki Roma taş ocağında örneklerin alındığı basamakların aynı zamanda açıldığından dolayı T-10 ve T-11 numunelerinin aynı günlenme yaşını vermesi gerekmektedir. Bu durumda, bu numunelerden elde edilen düzeltilmiş yaş çözüm

kümelerinin kesişimi bu yüzeylerin günlenme yaşını vermektedir (1.66 ± 0.28 kyıl).

Çizelge 4.3. Zurnacıdeğirmeni mevkiindeki Roma taş ocağındaki işletme basamaklarının ^{10}Be Günlenme yaşları.

	Ölçülmüş ^{10}Be (10^3 atom.g^{-1})	Maksimum Kalıt (10^3 atom.g^{-1})	Minimum Kalıt (10^3 atom.g^{-1})	Düzeltilmiş ^{10}Be (10^3 atom.g^{-1})	Düzeltilmiş Günlenme Yaşı (10^3 yıl)
T-10 min.	18.53	15.16	-	3.37	0.76 ± 0.21
T-10 maks.	20.28	15.16	-	5.12	1.15 ± 0.22
T-11 min.	24.25	16.65	-	7.60	1.66 ± 0.28
T-11 maks.	25.41	16.65	-	9.76	2.14 ± 0.30
T-10 min.	18.53	-	12.87	5.66	1.27 ± 0.23
T-10 maks.	20.28	-	12.87	7.41	1.66 ± 0.24
T-11 min.	24.25	-	14.69	9.56	2.09 ± 0.30
T-11 maks.	25.41	-	14.69	11.72	2.57 ± 0.32

Elde edilen bu kesişim değeri takvim yılı olarak yaklaşık MS 350 yıl civarlarına denk gelmektedir. Bu yaş bize, örneklenen yüzeylerin sadece açıldığı zamanı değil aynı zamanda bu işletmenin terkedildiği zamanı da vermektedir. Bu yaş, Aleksandra Troas antik kenti kalıntılarını örten sedimanlardan alınan “Odun kömürü” örneklerinden edilen stratigrafik kalibrasyonlu M.S. 340 - 405 (1 sigma olasılığı) ^{14}C yaşı (Şekil 4.1; Çizelge 4.1) ile de çok uyumludur. Birbirinden bağımsız iki tekniğin kullanılarak çok uyumlu sonuçların elde edilmesi de çalışmanın doğruluk derecesini vermektedir.

5. Kaynaklar

Akçar, N., 2006. *Paleoglacial records from the black sea area of Turkey field and dating evidence*. Bern University, Bern, Switzerland, p. 187.

Akçar, N., Ivy-Ochs, S., Schlüchter, C., 2008a. Application of in-situ produced Terrestrial Cosmogenic Nuclides to Archaeology: A schematic review. *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)* 57, 226-238.

Akçar, N., Yavuz, V., Ivy-Ochs, S., Kubik, P.W., Vardar, M., Schlüchter, C., 2008b. A Case for a down wasting Mountain Glacier during the Termination-I, Verçenik Valley, NE Turkey. *Journal of Quaternary Sciences* 23, 273-285.

- Akçar, N., Ivy Ochs, S., Alfimov, V., Yilmaz, I.O., Schachner, A., Altiner, D., Yavuz, V., Schlüchter, C., 2009. First results on determination of cosmogenic ^{36}Cl in limestone from the Yenicekale Complex in the Hittite capital of Hattusha (TR). *Quaternary Geochronology* 4, 533-540.
- Akçar, N., Ivy-Ochs, S., Kubik, P.W., Schlüchter, C., 2011. Post-depositional impacts on 'Findlinge' (erratic boulders) and their implications for surface-exposure dating. *Swiss Journal of Geosciences* 104, 445-453.
- Akçar, N., Deline, P., Ivy-Ochs, S., Alfimov, V., Hajdas, I., Kubik, P.W., Christl, M., Schlüchter, C., 2012a. The 1717 AD rock avalanche deposits in the upper Ferret Valley (Italy): A dating approach with cosmogenic ^{10}Be . *Journal of Quaternary Science* 27, 383-392.
- Akçar, N., Tikhomirov, D., Özkaymak, C., Ivy-Ochs, S., Alfimov, V., Sözbilir, H., Uzel, B., Schlüchter, C., 2012b. Cl-36 exposure dating of paleoearthquakes in the Eastern Mediterranean: First results from the western Anatolian Extensional Province, Manisa fault zone, Turkey. *Geological Society of America Bulletin* 124, 1724-1735.
- Balco, G., Rovey, C.W., 2008. An isochron method for cosmogenic-nuclide dating of buried soil and sediments. *American Journal of Science* 308, 1083-1114.
- Balco, G., Stone, J.O., Lifton, N.A., Dunai, T.J., 2008. A complete and easily accessible means of calculating surface exposure ages or erosion rates from Be-10 and Al-26 measurements. *Quaternary Geochronology* 3, 174-195.
- Bierman, P.R., 1994. Using In-Situ Produced Cosmogenic Isotopes To Estimate Rates of Landscape Evolution - A Review From The Geomorphic Perspective. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* 99, 13885-13896.
- Boaretto, E., Berkovits, D., Hass, M., Hui, S.K., Kaufman, A., Paul, M., Weiner, S., 2000. Dating of prehistoric caves sediments and flints using Be-10 and Al-26 in quartz from Tabun Cave (Israel): Progress report. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms* 172, 767-771.
- Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51, 337-360.
- Burbank, D.W., Leland, J., Fielding, E., Anderson, R.S., Brozovic, N., Reid, M.R., Duncan, C., 1996. Bedrock incision, rock uplift and threshold hillslopes in the northwestern Himalayas. *Nature* 379, 505-510.

- Cerling, T.E., 1990. Dating Geomorphologic Surfaces Using Cosmogenic He-3. *Quaternary Research* 33, 148-156.
- Chmeleff, J., von Blanckenburg, F., Kossert, K., Jakob, D., 2010. Determination of the Be-10 half-life by multicollector ICP-MS and liquid scintillation counting. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms* 268, 192-199.
- Clark, J.D., Beyene, Y., WoldeGabriel, G., Hart, W.K., Renne, P.R., Gilbert, H., Defleur, A., Suwa, G., Katoh, S., Ludwig, K.R., Boissarie, J.R., Asfaw, B., White, T.D., 2003. Stratigraphic, chronological and behavioural contexts of Pleistocene *Homo sapiens* from Middle Awash, Ethiopia. *Nature* 423, 747-752.
- Clarke, R.J., Partridge, T.C., Granger, D.E., Caffee, M.W., 2003. Dating the Sterkfontein fossils. *Science* 301, 596-597.
- Dunne, J., Elmore, D., Muzikar, P., 1999. Scaling factors for the rates of production of cosmogenic nuclides for geometric shielding and attenuation at depth on sloped surfaces. *Geomorphology* 27, 3-11.
- Erlanger, E.D., Granger, D.E., Gibbon, R.J., 2012. Rock uplift rates in South Africa from isochron burial dating of fluvial and marine terraces. *Geology* 40, 1019-1022.
- Farley, K.A., Cerling, T.E., Fitzgerald, P.G., 2001. Cosmogenic He-3 in igneous and fossil tooth enamel fluorapatite. *Earth And Planetary Science Letters* 185, 7-14.
- Gonzalez, S., Jimenez-Lopez, J.C., Hedges, R., Huddart, D., Ohman, J.C., Turner, A., Padilla, J., 2003. Earliest humans in the Americas: new evidence from Mexico. *Journal of Human Evolution* 44, 379-387.
- Gosse, J.C., Phillips, F.M., 2001. Terrestrial in situ cosmogenic nuclides: theory and application. *Quaternary Science Reviews* 20, 1475-1560.
- Granger, D.E., 2006. A review of burial dating methods using ²⁶Al and ¹⁰Be. *Geological Society of America Special Papers* 415, 1-16.
- Granger, D.E., Muzikar, P.F., 2001. Dating sediment burial with in situ-produced cosmogenic nuclides: theory, techniques, and limitations. *Earth and Planetary Science Letters* 188, 269-281.
- Haghipour, N., Jean-Pierre, B., Kober, F., Zeilinger, G., Ivy-Ochs, S.D., Kubik, P.W., Faridi, M., 2012. Rate of crustal shortening and non-Coulomb behaviour of an active accretionary wedge: The folded fluvial terraces in Makran (SE, Iran). *Earth and Planetary Science Letters* 355-356, 187-198.

- Hidy, A.J., Gosse, J.C., Pederson, J.L., Mattern, J.P., Finkel, R.C., 2010. A geologically constrained Monte Carlo approach to modeling exposure ages from profiles of cosmogenic nuclides: An example from Lees Ferry, Arizona. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 11.
- Ivy-Ochs, S., Kober, F., 2008. Surface Exposure Dating with Cosmogenic Nuclides. *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)* 57, 179-209.
- Ivy-Ochs, S., Schaller, M., 2010. Examining processes and rates of landscape change with cosmogenic radionuclides. *Radioactivity in the Environment* 16, 231-294.
- Ivy-Ochs, S., Wust, R., Kubik, P.W., Muller-Beck, H., Schluchter, C., 2001. Can we use cosmogenic isotopes to date stone artifacts? *Radiocarbon* 43, 759-764.
- Korschinek, G., Bergmaier, A., Faestermann, T., Gerstmann, U.C., Knie, K., Rugel, G., Wallner, A., Dillmann, I., Dollinger, G., von Gostonski, C.L., Kossert, K., Maiti, M., Poutivtsev, M., Remmert, A., 2010. A new value for the half-life of Be-10 by Heavy-Ion Elastic Recoil Detection and liquid scintillation counting. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms* 268, 187-191.
- Lal, D., 1988. In situ - Produced Cosmogenic Isotopes In Terrestrial Rocks. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 16, 355-388.
- Lal, D., 1991. Cosmic-Ray Labeling Of Erosion Surfaces – In-situ Nuclide Production-Rates and Erosion Models. *Earth and Planetary Science Letters* 104, 424-439.
- Lal, D., Peters, B., 1967. Cosmic ray produced radioactivity on the earth, In: Sitte, K. (Ed.), *Handbuch der Physik*. Springer, Berlin, pp. 551-612. *ETH Zürich, Zürich*, p. 160.
- Licciardi, J.M., Kurz, M.D., Clark, P.U., Brook, E.J., 1999. Calibration of cosmogenic He-3 production rates from Holocene lava flows in Oregon, USA, and effects of the Earth's magnetic field. *Earth And Planetary Science Letters* 172, 261-271.
- Masarik, J., Frank, M., Schafer, J.M., Wieler, R., 2001. Correction of in situ cosmogenic nuclide production rates for geomagnetic field intensity variations during the past 800,000 years. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 65, 2995-3003.
- Masarik, J., Reedy, R.C., 1995. Terrestrial cosmogenic-nuclide production systematics calculated from numerical simulations. *Earth and Planetary Science Letters* 136, 381-395.

- Molodkov, A., 2001. ESR dating evidence for early man at a Lower Palaeolithic cave-site in the Northern Caucasus as derived from terrestrial mollusc shells. *Quaternary Science Reviews* 20, 1051-1055.
- Mützenberg, S.R., 1990. Westliche Biga - Halbinsel (Canakkale, Türkei) Beziehung zwischen Geologie, Tektonik und Entwicklung der Thermalquellen.
- Niedermann, S., 2000. The Ne-21 production rate in quartz revisited. *Earth and Planetary Science Letters* 183, 361-364.
- Nishiizumi, K., 2004. Preparation of Al-26 AMS standards. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials And atoms* 223, 388.
- Partridge, T.C., Granger, D.E., Caffee, M.W., Clarke, R.J., 2003. Lower Pliocene hominid remains from Sterkfontein. *Science* 300, 607-612.
- Phillips, F.M., Flinsch, M., Elmore, D., Sharma, P., 1997. Maximum ages of the Coa valley (Portugal) engravings measured with chlorine-36. *Antiquity* 71, 100-104.
- Phillips, F.M., Zreda, M.G., Smith, S.S., Elmore, D., Kubik, P.W., Dorn, R.I., Roddy, D.J., 1991. Age and Geomorphic History of Meteor Crater, Arizona, from cosmogenic Cl-36 and C-14 in Rock Varnish. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55, 2695-2698.
- Putkonen, J., Swanson, T., 2003. Accuracy of cosmogenic ages for moraines. *Quaternary Research* 59, 255-261.
- Reedy, R.C., 1987. Nuclide Production by Primary Cosmic-Ray Protons. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth and Planets* 92, E697-E702.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E., 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 51, 1111-1150.
- Seher, J., 2005. *Hattusha Guide: A day in the Hittite capital*, 2nd revised Edition ed. Ege Publications, Istanbul.

- Seidl, M.A., Finkel, R.C., Caffee, M.W., Hudson, G.B., Dietrich, W.E., 1997. Cosmogenic isotope analyses applied to river longitudinal profile evolution: Problems and interpretations. *Earth Surface Processes and Landforms* 22, 195-209.
- Sharma, P., Middleton, R., 1989. Radiogenic Production of Be-10 And Al-26 In Uranium And Thorium Ores - Implications For Studying Terrestrial Samples Containing Low-Levels Of Be-10 And Al-26. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53, 709-716.
- Shen, G.J., Gao, X., Gao, B., Granger, D.E., 2009. Age of Zhoukoudian *Homo erectus* determined with Al-26/Be-10 burial dating. *Nature* 458, 198-200.
- Shen, G.J., Ku, T.L., Cheng, H., Edwards, R.L., Yuan, Z.X., Wang, Q., 2001. High-precision U-series dating of Locality 1 at Zhoukoudian, China. *Journal of Human Evolution* 41, 679-688.
- Stone, J.O., 2000. Air pressure and cosmogenic isotope production. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* 105, 23753-23759.
- Stuart, F.M., 2001. In situ cosmogenic isotopes: principles and potential for archaeology, In: Brothwell, D.R., Pollard, D. (Eds.), *Handbook of Archaeological Sciences*. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 93-100.
- Synal, H.A., Bonani, G., Dobeli, M., Ender, R.M., Gartenmann, P., Kubik, P.W., Schnabel, C., Suter, M., 1997. Status report of the PSI/ETH AMS facility. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms* 123, 62-68.
- Valladas, H., Mercier, N., Joron, J.L., McPherron, S.P., Dibble, H.L., Lenoir, M., 2003. TL dates for the Middle Paleolithic site of Combe-Capelle Bas, France. *Journal Of Archaeological Science* 30, 1443-1450.
- Van der Woerd, J., Ryerson, F.J., Tapponnier, P., Meriaux, A.S., Gaudemer, Y., Meyer, B., Finkel, R.C., Caffee, M.W., Zhao, G.G., Xu, Z.Q., 2000. Uniform Slip-Rate along the Kunlun Fault: Implications for seismic behaviour and large-scale tectonics. *Geophysical Research Letters* 27, 2353-2356.
- Vermeesch, P., 2007. CosmoCalc: An Excel add-in for cosmogenic nuclide calculations. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 8.
- Verri, G., Barkai, R., Ben-Dov, Y., Boaretto, E., Bordeanu, C., Gopher, A., Hass, M., Paul, M., Weiner, S., 2002. Be-10 measurements on Neolithic and Paleolithic flint tools from Israel. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66, A805-A805.

- Verri, G., Barkai, R., Bordeanu, C., Gopher, A., Hass, M., Kaufman, A., Kubik, P., Montanari, E., Paul, M., Ronen, A., Weiner, S., Boaretto, E., 2004. *Flint mining in prehistory recorded by in situ-produced cosmogenic Be-10. Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America* 101, 7880-7884.
- Verri, G., Barkai, R., Gopher, A., Hass, M., Kubik, P.W., Paul, M., Ronen, A., Weiner, S., Boaretto, E., 2005. *Flint procurement strategies in the Late Lower Palaeolithic recorded by in situ produced cosmogenic Be-10 in Tabun and Qesem Caves (Israel). Journal of Archaeological Science* 32, 207-213.
- Zreda, M.G., Phillips, F.M., Kubik, P.W., Sharma, P., Elmore, D., 1993. *Cosmogenic Cl-36 dating of a young basaltic eruption complex, Lathrop Wells, Nevada. Geology* 21, 57-60.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 06



**Observation of Anomalous Dielectric Behavior in the
Wide Temperature Range of MIS Structure with STO
Interlayer**

**(Barış Kınacı, Çağlar Çetinkaya, Erman
Çokduygulular)**

Observation of Anomalous Dielectric Behavior in the Wide Temperature Range of MIS Structure with STO Interlayer

Barış Kınacı¹, Çağlar Çetinkaya², Erman Çokduygulular³

¹*Physics Department, Faculty of Science, Istanbul University,
TR-34134, Istanbul-Turkey,*

E-mail: baris.kinaci@istanbul.edu.tr

²*Physics Department, Faculty of Science, Istanbul University,
TR-34134, Istanbul-Turkey,*

E-mail: caglarcetinkaya@istanbul.edu.tr

³*Department of Engineering Sciences, Faculty of Engineering,
Istanbul University –Cerrahpasa, 34320, Istanbul, Turkey,*

E-mail: erman.cokduygulular@iuc.edu.tr

1. Introduction

Electronic and optoelectronic devices have found a place in many areas of our daily lives: communication, computer, medical equipment, and energy sector are some of them. Considering the ever-increasing use of such devices, the demand for more compact, powerful and cost-effective devices is also increasing. Research and development studies on nanotechnology and thin film nanomaterial semiconductors can help meet this demand. Perovskite-based material systems with a high dielectric constant in the visible region and high optical transmittance values are quite suitable for device applications [1–13]. Strontium titanate (STO), one of these perovskite structures, is used in many electronic and optoelectronic device applications [4]. Many techniques have been reported in the literature to produce STO structure [14–24]. Among these deposition techniques, the sputtering system is widely preferred because of its ability to obtain homogeneous, dense and fully stoichiometric thin films [25–35].

Admittance spectroscopy measurements give us information about the electrical properties of materials. Metal-semiconductor (MS) structures with interfacial layers, such as metal-insulator-semiconductor (MIS) and metal-oxide-semiconductor (MOS), may show some variation in admittance spectroscopy measurements. Reasons for this are the barrier height between metal and semiconductors, the use of high quality interfacial layer, and the interface effect [36].

Studies on the negative capacitance (NC) that is observed in the forward bias region at different frequencies and temperatures in admittance spectroscopy have recently been found in the literature [32,36–39]. NC is phenomena in which the material exhibits inductive behavior due to the reduction of the charge on the electrodes [40]. The NC phenomena can form

different physical mechanisms in various materials, and capacitance (C) and conductance (G/ω) measurements should be examined to understand these mechanisms. In addition, some changes can be observed in the electronic properties of the devices under the influence of the NC phenomena [40]. It has been observed that various structures exhibit negative dielectric constant (NDC) behavior depending on the NC phenomena [40,41].

In the present chapter, the dielectric properties of an STO-containing MIS structure were investigated. The dielectric parameters such as dielectric constant (ϵ'), dielectric loss (ϵ''), real modulus (M'), imaginary modulus (M''), and electrical conductivity (σ_{ac}) were calculated using the data obtained from the admittance spectroscopy measurements depending on the temperature.

2. Material and Method

The STO structure was deposited on a p-type Si substrate at a substrate temperature of 500 °C by the rf sputtering technique. Before the process, the p-Si substrate was chemically cleaned. The thickness of STO thin film was around 200 nm measuring with a thickness meter. For electrical measurements, back and rectifier contacts were made into the thin film structure. For the back and dot-shaped rectifier contacts, AuGe with a thickness of 200 nm and Au with a thickness of 100 nm were used, respectively.

The schematic representation of the MIS structure was given in Figure 1. Temperature dependent C - V and G/ω - V measurements were made using Hewlett Packard 4192A LF Impedance Analyzer and Cryostat in 30 K increments in the temperature range 110–350 K [32].



Fig. 1: Schematic representation of Au/STO/p-Si/AuGe structure

3. Results

Dielectric parameters were determined from C and G data [32]. ϵ' and ϵ'' values were calculated in the temperature range of 110–350 K by 30 K steps. ϵ' and ϵ'' values calculated from electrical and dielectric behavior provide information about the electrical properties of MIS structure. ϵ' values were

calculated using the following expression based on the measured C values [40-48].

$$\varepsilon' = \frac{C}{C_0} \quad (1)$$

ε'' can be obtained at different temperatures using the measured conductivity values from the equation below.

$$\varepsilon'' = \frac{G}{\omega C_0} \quad (2)$$

where G is the measured conductivity.

The changes in the temperature dependent $\varepsilon' - V$ and $\varepsilon'' - V$ curves of the MIS structure were shown in Figure 2 and Figure 3, respectively. As seen in Figure 2, while ε' takes negative values in the forward bias voltage region. This negative value is due to the NC phenomena, which causes a reduction in the charge on the electrodes. Although this phenomena is generally observed at low frequencies, it can also be observed at high frequencies due to the interface effect in structures using interlayers [32,36,37]. There is also an intersection point at approximately 1V.

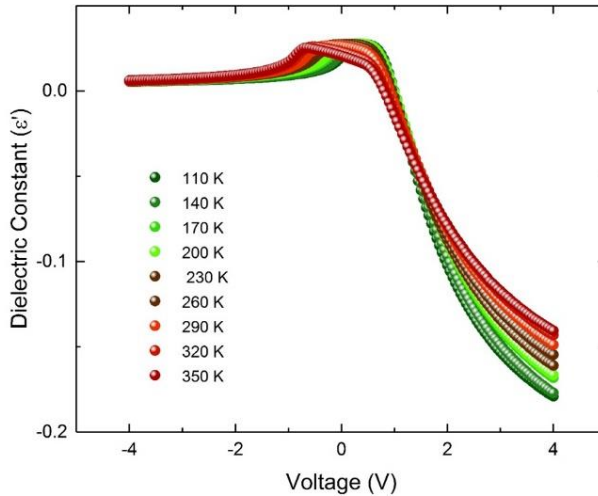


Fig. 2: Temperature-dependent $\varepsilon' - V$ characteristics for MIS structure

As seen in Figure 3, ε'' values exhibit concave curvature behavior in the forward bias voltage region (accumulation region).

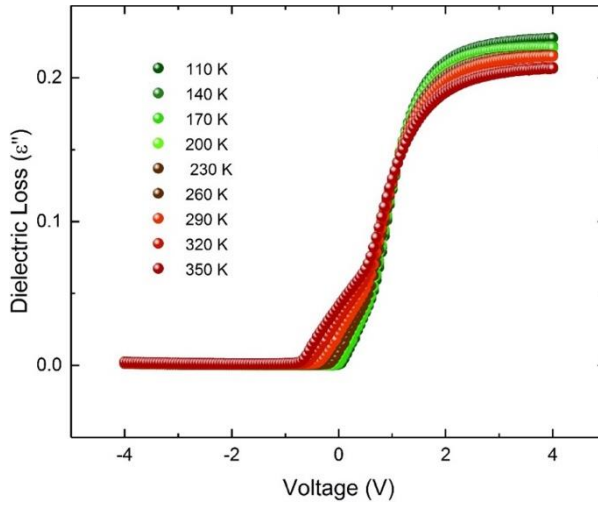


Fig. 3: Temperature-dependent $\varepsilon''-V$ characteristics for MIS structure

The following equation is used to convert the complex permeability to M^* formalism [40–47,49]. The temperature dependent M' and M'' values were determined from ε' and ε'' values.

$$M^* = \frac{1}{\varepsilon^*} = M' + jM'' = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2} + j \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2} \quad (3)$$

The temperature dependent $M'-V$ and $M''-V$ curves of the MIS structure were given in Figure 4 and Figure 5. As seen in Figure 4, M' values reach saturation and take a constant value due to the effect of the series resistance in the accumulation region. In addition, we observed from Figure 5 that the $M''-V$ curves showed decreasing behavior and peaks again, tending to increase in the inversion region. After this behavior, it tended to decrease again and take a constant value for all temperature values.

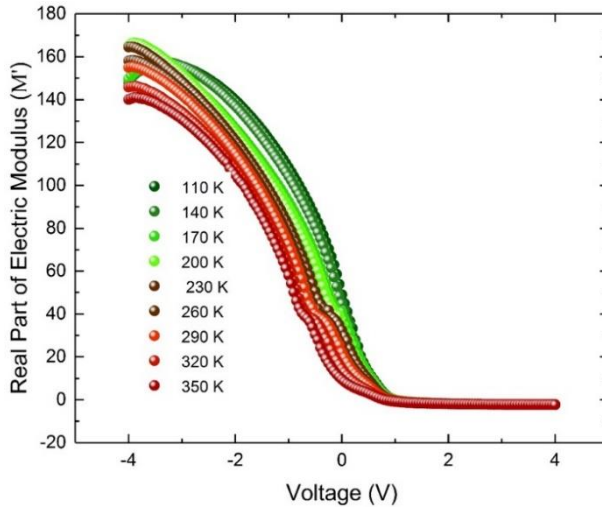


Fig. 4: Temperature-dependent M' – V characteristics for MIS structure

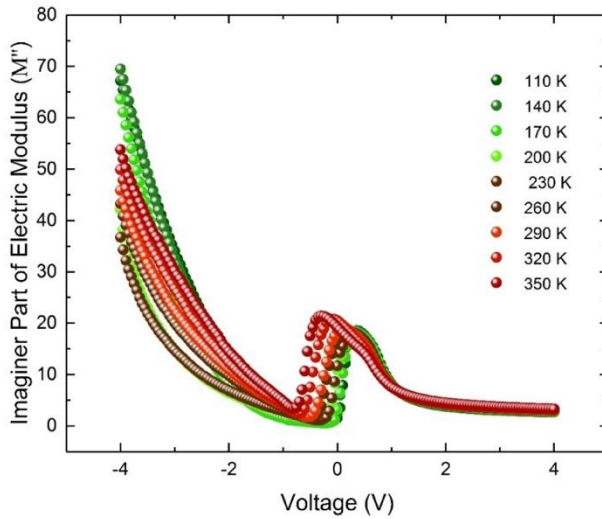


Fig. 5: Temperature-dependent M'' – V characteristics for MIS structure

The σ_{ac} values were determined from the following equation for differential temperature regions [48–50].

$$\sigma_{ac} = \varepsilon'' \omega \varepsilon_0 \quad (4)$$

The σ_{ac} – V curve is presented in Figure 6 in the temperature range of 110–350 K by 30 K steps. Generally, the change in conductivity is higher at

high temperatures than at low temperatures. This behavior is also seen from our σ_{ac} values.

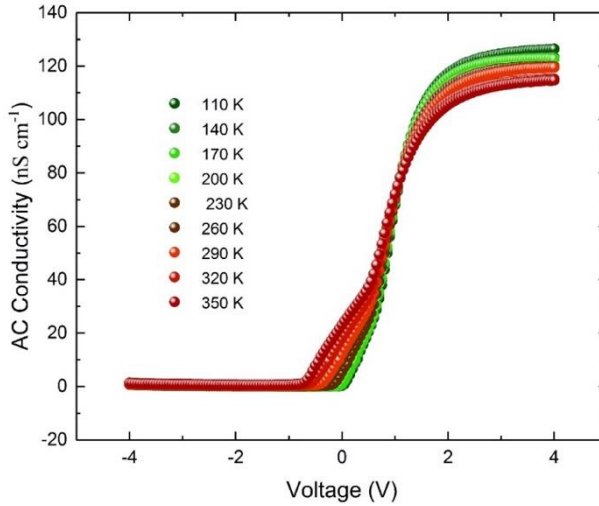


Fig. 6: Temperature-dependent σ_{ac} - V characteristics for MIS structure

4. Concluding Remarks

The present chapter is mentioned on temperature dependent dielectric properties of STO-containing MIS structure. It was observed that the dielectric parameters were strongly dependent on the temperature.

Based on the results, ε' values have shown negative values for the STO-containing MIS structure. In addition, there is an intersection point on the ε' - V curve at about 1 V. It was determined that ε'' exhibits a concave behavior in the forward bias voltage region and has an intersection point as in ε' . It was noticed that both M' and M'' values approached a constant value for all temperatures in the forward bias voltage region. Moreover, it was observed that σ_{ac} - V curve also has an intersection point in the forward bias voltage region, as in ε' and ε'' .

STO-containing MIS structure was found to be a very suitable structure for optoelectronic devices expected to exhibit NDC behavior.

5. References

- [1] C. L. Chow, W. C. Ang, M. S. Tse, and O. K. Tan, Thin Solid Films 542, 393 (2013).
- [2] R. K. Goyal, S. S. Katkade, and D. M. Mule, Compos. Part B Eng. 44, 128 (2013).
- [3] H.-H. Huang, F.-Y. Hsiao, N.-C. Wu, and M.-C. Wang, J. Non. Cryst. Solids 351, 3809 (2005).

- [4] R. Thomas and D. C. Dube, *Ferroelectrics* 225, 99 (1999).
- [5] N. Konofaos, E. K. Evangelou, Z. Wang, V. Kugler, and U. Helmersson, *J. Non. Cryst. Solids* 303, 185–189 (2002).
- [6] J. Lin, J. Cheng, P. Li, W. Chen, and H. Huang, *Superlattices Microstruct.* 130, 168 (2019).
- [7] V. Reddy, D. V. Vivekananda, G. S. Krishna, B. S. Vivek, and P. Vimala, *J. Nano- Electron. Phys.* 11, 04005-1 (2019).
- [8] B. K. Moon and H. Ishiwara, *Jpn. J. Appl. Phys.* 33, 1472 (1994).
- [9] P. C. Joshi and S. B. Krupanidhi, *J. Appl. Phys.* 73, 7627 (1993).
- [10] B. Kınacı, N. Akın, İ. Kars Durukan, T. Memmedli, and S. Özçelik, *Superlattices Microstruct.* 76, 234 (2014).
- [11] W. Menesklou, H.-J. Schreiner, K. H. Härdtl, and E. Ivers-Tiffée, *Sensors Actuators B Chem.* 59, 84 (1999).
- [12] S. Jin, L. Wang, Z. Wang, B. Huang, Q. Zhang, and Z. Fu, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 26, 7431–7437 (2015).
- [13] J. Li, S. Li, and M. A. Alim, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 17, 503 (2006).
- [14] G. Panomsuwan, O. Takai, and N. Saito, *Phys. Status Solidi Appl. Mater. Sci.* 210, 311 (2013).
- [15] G. Panomsuwan, S.-P. Cho, N. Saito, and O. Takai, *Cryst. Res. Technol.* 47, 187 (2012).
- [16] H. Nili et al., *Adv. Funct. Mater.* 25, 3172 (2015).
- [17] Y. Kanemitsu and Y. Yamada, *Phys. Status Solidi* 248, 416 (2011).
- [18] C. Y. Lam and K. H. Wong, *J. Non. Cryst. Solids* 354, 4262 (2008).
- [19] L. Zhang and R. Engel-Herbert, *Phys. Status Solidi - Rapid Res. Lett.* 8, 917 (2014).
- [20] J. Q. He et al., *J. Appl. Phys.* 92, 7200 (2002).
- [21] X.-F. Wang, Q.-B. Hu, L.-B. Li, Q.-D. Chen, and H.-X. Wang, *Chinese Phys. Lett.* 29, 056101 (2012).
- [22] M. Klee and U. Mackens, *Microelectron. Eng.* 29, 185 (1995).

- [23] C. Y. Liu and T. Y. Tseng, *Ceram. Int.* 30, 1101 (2004).
- [24] C. N. L. Edvardsson, J. Birch, and U. Helmersson, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 10, 203 (1999).
- [25] B. Kinaci, T. Asar, Y. Ozen, S. Ozcelik, *Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications* 5, 434 (2012).
- [26] B. Kinaci, T. Asar, S.S. Cetin, Y. Ozen, K. Kızılkaya, *Journal of Optoelectronics And Advanced Materials* 14, 959 (2012).
- [27] N. Akin, U. Ceren Baskose, B. Kinaci, M. Cakmak, and S. Ozcelik, *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.* 119, 965 (2015).
- [28] B. Kinaci and S. Özçelik, *J. Electron. Mater.* 42, 1108 (2013).
- [29] I. Kars, S. Ş. Çetin, B. Kınacı, B. Sarıkavak, A. Bengi, H. Altuntaş, M. K. Öztürk, S. Özçelik, *Surf. Interface Anal.* 42,1247 (2010).
- [30] N. Akin, B. Kinaci, Y. Ozen, and S. Ozcelik, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 28, 7376 (2017).
- [31] B. Kınacı, S. Şebnem Çetin, A. Bengi, S. Özçelik, *Mater. Sci. Semicond. Process.* 15, 531 (2012).
- [32] B. Kınacı, Ç. Çetinkaya, E. Çokduygular, H. İ. Efker, N. Akin Sönmez, S. Özçelik, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 31, 8718 (2020).
- [33] E. Çokduygular, Ç. Çetinkaya, Y. Yalçın, B. Kınacı, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 31, 13646 (2020).
- [34] F. Güzelçimen, B. Tanören, Ç. Çetinkaya, M. D. Kaya, H. İ. Efker, Y. Özen, D. Bingöl, M. Sirkeci, B. Kınacı, M. B. Ünlü, and S. Özçelik, *Vacuum* 182, 109766 (2020).
- [35] B. Kınacı, E. Çelik, E. Çokduygular, Ç. Çetinkaya, Y. Yalçın, H. İ. Efker, Y. Özen, N. A. Sönmez, and S. Özçelik, *Semiconductors* 55, 28 (2021).
- [36] M. H. Al-Dharob, A. Kökce, D. A. Aldemir, A. F. Özdemir, and Ş. Altındal, *J. Phys. Chem. Solids* 144, 109523 (2020).
- [37] Ö. Vural, Y. Şafak, A. Türüt, and Ş. Altındal, *J. Alloys Compd.* 513, 107 (2012).
- [38] S. Demirezen, E. E. Tanrıkulu, and Ş. Altındal, *Indian J. Phys.* 93, 739 (2019).

- [39] T. Tunç, İ. Dökme, Ş. Altındal, and İ. Uslu, *J. Appl. Polym. Sci.* 122, 265 (2011).
- [40] B. Kınacı, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 32: 5928–5935 (2021).
- [41] B. Kınacı, *Silicon* <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01067-7>
- [42] A. Buyukbas-Ulusan, İ. Taşçıoğlu, A. Tataroğlu, F. Yakuphanoglu, and S. Altındal, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 30, 12122 (2019).
- [43] Ç. Oruç and A. Altındal, *Ceram. Int.* 43, 10708 (2017).
- [44] Ö. Sevgili, İ. Taşçıoğlu, S. Boughdachi, Y. Azizian-Kalandaragh, and Ş. Altındal, *Phys. B Condens. Matter* 566, 125 (2019).
- [45] İ. Taşçıoğlu, S. O. Tan, and Ş. Altındal, “*J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 30, 11536 (2019).
- [46] H. Tecimer, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 29, 20141 (2018).
- [47] Y. Özen, *Silicon* 2 (2020).
- [48] E. Maril, S. O. Tan, S. Altındal, and I. Uslu, *IEEE Trans. Electron Devices* 65, 3901 (2018).
- [49] H. Tecimer, T. Tunç, and Ş. Altındal, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 29, 3790 (2018).
- [50] N. Karaoğlu, H. U. Tecimer, Ş. Altındal, and C. Bindal, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 30, 14224 (2019).

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 07



**Estetik ve Fonksiyonel Amaçlarla Kullanılan İstilacı
Türler
(Hilal Surat)**

Estetik ve Fonksiyonel Amaçlarla Kullanılan İstilacı Türler

Hilal Surat

*Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi,
Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
E-mail: hilal881@artvin.edu.tr*

1. Giriş

Uzun yıllar boyunca doğal ekosistemlerde yer değiştirmeler meydana gelmektedir. Ancak ekosistemlerin bu hareketliliği coğrafi bariyerler nedeniyle çok kısıtlı ve ekosistemin kendi düzeni içerisinde gerçekleşmekteydi. Bu hareket süreci, insanoğlunun küreselleşme, ticaret, taşımacılık, seyahat, turizm gibi faaliyetlerini arttırmasıyla birlikte son yüzyılda çok daha fazla hızlanmış, ekosistemin bir bölümünün ortadan kalkması ya da zarar görmesi gibi değişen ölçülerde ve birbiri ile bağlantılı olarak farklı sonuçlar ve türlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Keller vd., 2011; Wagner vd., 2017).

Ülkeler arası yapılan ulaşım, ticaret, turizm gibi ivme kazanan faaliyetler, iklim değişikliği ve büyük oranda insan müdahaleleri sonucunda ortaya çıkan yeni koşullar organizmaların kendi doğal yaşam alanları dışındaki alanlara taşınmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu tip taşınmalar, türlerin yayılımını sınırlayan en önemli faktörler arasında yer alan biyocoğrafik engellerin daha hızlı ve kolay aşılmasına olanak sağlamaktadır (Everett, 2000; Hulme, 2009).

İstilacı tür” doğal bitki örtüsüne önemli zararlar vererek ekosistemleri kolayca istila eden bitki türlerini tanımlamak için kullanılan bir kavramdır (Callaway ve Aschehoug, 2000; MacDougall ve Turkington, 2005). İstilacı türleri, belirli bir coğrafik bölgenin doğal flora veya faunasında bulunmayıp "yerli türler" içerisinde yer almayan canlılar ya da bunların tohum, yumurta, spor veya üreme yeteneğine sahip genel olarak kendi habitatları dışına taşınmaları ve özellikle de popülasyonlar üzerinde önemli bir baskılayıcı unsur olan doğal düşmanlarının o ortamda olmaması nedeniyle taşındıkları alanlarda daha iyi gelişebilen, baskın özellikleri sonucu biyoçeşitliliği tehdit eden, sosyo-ekonomik etkileri olan türler olarak tanımlanmaktadır (Surat ve Mert, 2018).

Ekosistemin önemli bir parçası olan istilacı türler, değişik iklim ve toprak şartlarına uyum sağlayabilen, doğal yayılım alanlarının dışında bulunan ekosistemleri işgal eden, zor ekolojik şartlar altında bile yaşamlarını devam ettirebilme ve üreme yeteneğine sahip olan çevreye, ekonomiye ve insan sağlığına zarar verebileceği düşünülen kozmopolit türlerdir.

İstilacı türlerin sahip olduğu yüksek rekabet gücü doğal vejetasyon yapısının hızla değişmesine neden olmaktadır. Karakteristik olarak bu bitkilerin adaptasyon kabiliyetleri (sahip oldukları genetik çeşitlilik nedeniyle) ve üreme kapasiteleri (vejetatif yolla ve/veya tohumla) yüksek olup, rekabetçi olduklarından agresif olarak büyürler (Önen ve Farooq, 2015; Kayaçetin, 2020; Satıl vd., 2020).

Gelişen ulaşım teknolojisi ile çeşitli coğrafik bölgeler arasında yeni koridorların kurulması ve ticareti kolaylaştırmasıyla coğrafi sınırlar bu yabancı türler için engel olmaktan çıkmıştır. Öyle ki günümüzde kültürler arası ilişkilerin artması ile birlikte paylaşılan bu bitki taksonları, taşındıkları alanlara kısa süre içerisinde yerleşmeleri, sahip oldukları rekabet güçleri ve genetik çeşitlilikleri ve yüksek uyum kabiliyetleri sayesinde küresel çeşitliliğin simgesi olan parklardan arkeolojik alanlara, sulak habitatlardan, spor alanlarına, tarla ve yol kenarlarından demiryollarına kadar çeşitli ortamlarda kullanılmaları yanısıra, yabancı ot mücadelesinde, örtü bitkisi, malç materyali olarak, ağır metal kirliliği olan toprakları temizleyebilmek gibi amaçlarla kullanılmışlardır.

Ancak istilacı özellikleri ile yeni yaşam ortamlarına zarar veren bu bitkiler, bitki biyoçeşitliliğini tehdit eder boyutlara ulaşan, bulundukları bölgedeki tür ya da türleri doğrudan etkileyen, ekolojik dengeyi bozan ve önemi giderek artan bir sorun haline gelmiştir. Özellikle son zamanlarda yaşanan küresel ölçekte ki iklim değişimleri bu sürecin daha da hızlanmasına neden olmuştur. Aynı zamanda bu türler, yeni taşındıkları alanlarda; ekosistemin düzenini olumsuz yönde etkileyerek doğal bitki taksonlarının sayı ve yoğunluğunun azalmasına yol açmakta ve bu da ekosisteminin biyotik ve abiyotik çeşitliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Önen vd., 2015). İstilacı türler ekosistem dinamiklerini etkileyerek ekosistem işlevlerini değiştirme, doğal türlerin zenginlik ve bolluğunu azaltma, türler içinde genetik erozyona yol açma gibi etkilerle çok önemli ekolojik ve ekonomik kayıplara neden olabilmektedirler.

Bu türler, bir ülkenin yerli taksonları olmayıp farklı coğrafik bölgelerden önceden tahmin edilemeyen şekil ve zamanlarda, kazara veya kasıtlı olarak giriş yaptıkları ekosistemlerde popülasyonlarını kontrol eden doğal predatör ve rakiplerinin bulunmaması nedeniyle yeni taşındıkları alanda; ekosistemin düzenini (süreç ve besin elementi döngülerini vb.) olumsuz etkileyerek, yerli doğal bitki taksonlarının sayı ve yoğunluğunun azalmasına, dolayısıyla bütün olarak ekosisteminin çeşitliliğini (biyotik ve abiyotik) olumsuz etkilemesi nedeniyle önemli ekolojik ve çevre sorunlarına yol açan, habitat parçalanmasından sonra biyolojik çeşitliliği (biyoçeşitlilik) tehdit eden en önemli ikinci tehdit unsurudur (Pejchar ve Mooney, 2009; Pysek ve Richardson, 2010; Uludağ ve Ertürk 2012).

İstilacı bitkiler ekolojik ve çevre sorunları yanında aynı zamanda insan sağlığını, tarımı, ormancılığı, hayvancılığı ve balıkçılığı etkilerken, içme ve sulama sularının kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca alt yapıya (yol, enerji nakil hatları, drenaj kanalı vb.) zarar verebilmekte, yangın riskini artırmakta ve rekreasyon alanlarının kullanımını engellemektedirler. Dolayısıyla istilacı bitkilerin yol açtığı sorunlar biyolojik çeşitlilikle sınırlı kalmayıp, küresel ölçekte çok farklı sektörlerde ciddi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır (Karaer vd., 2015; Güzel, 2017).

İstilacı bitkilerin etkileri istila edilen ekosistemlerin özellikleri ve toprak verimliliği ile ilişkilidir. İstilacı türler, doğal türler ile doğrudan rekabet ettiği gibi, toprak süreçlerini değiştirerek yerli tür çeşitliliğini de azaltmaktadır (Sala vd., 2007; Sürmen vd., 2013). Biomas üretimini hızlı bir şekilde arttıran istilacı türler; kendine özgü hızlı büyüme oranları, yerli türlere uygun olmayan besinleri sömürebilme ve daha verimli besin kullanma (Dassonville vd., 2007; Fiala et al. 2004; Funk and Vitousek 2007) gibi özellikleriyle yerli türlere göre daha avantajlıdır.

İklim değişikliği ve istilacı tür baskısı birbirlerini besleyen iki unsur haline gelmiştir. Şöyle ki, iklim değişikliği, birçok yabancı türün yayılmasını ve yerleşmesini kolaylaştırmakta ve istilacı olmaları için fırsatlar yaratmaktadır. İstilacı yabancı türler, doğal yaşam alanlarının (karasal, sucul), tarım sistemlerinin ve kentsel alanların iklim değişikliğine karşı direncini azaltmakta böylelikle habitatları biyolojik istilalara savunmasız hale getirmekte, yerel türlerin iklim değişimine olan direncini azaltmaktadır. Öte yandan kasırga, sel ve kuraklık gibi iklim değişikliğinden kaynaklanan aşırı iklim olayları, istilacı yabancı türleri yeni alanlara taşımakta ve yerel habitatların istilalara karşı direncini azaltmaktadır (Nellemann vd. 2008; Ross vd. 2011; Karahan, 2021).

İstilacı bitkiler hızlı büyüme gösterdiği, yaşam döngülerinin kısa sürdüğü, çimlenme sonrası ışık rekabetinde üstün geldikleri, derin kök sistemlerine sahip oldukları ve birçok ekolojik faktör için toleranslarının yüksek olduğu, çok sayıda tohum üretimi ve diyasporeların dağılımında avantaj sağlayan özel yapılara sahip olmaları ile dağılma ve ortama yerleşme başarılarından dolayı doğal taksonların yoğunluk ve dağılımlarını büyük oranda etkiledikleri ve kısa zamanda ortamda hızla yayılarak oradaki doğal bitki çeşitliliğini büyük oranda azalttığı bilinmektedir (Önen, 2015).

2. Estetik ve Fonksiyonel Amaçlı Kullanılan Bazı İstilacı Süs Bitkileri

Dünyada bulunduğu iklim kuşağına göre, topoğrafik ve jeolojik yapısındaki farklılıklardan dolayı Türkiye oldukça zengin ve ilginç floraya sahip ülkelerden biridir (Karaer vd., 2015). Yeryüzünde bilinen toplam bitki türü sayısı 374.000 (Christenhusz ve Byng, 2016) olup, bu bitki türlerinin 11.707 (3.649 adeti endemik) bitki taksonuna Türkiye ev sahipliği yapmakta

ve dünyada önemli bir bitkisel gen merkezi konumundadır. Yapılan çalışmalarla birlikte bu sayılar 4.040 (%33,15) endemik olmak üzere 12.816 taksona ulaşmıştır (Özhatay vd., 2017). Ayrıca bu bitki taksonlarından 340 adeti (Uludağ vd., 2017) Türkiye florasına sonradan kültüre alma, doğallaşma ve diğer yollarla giriş yapmış yabancı bitki taksonlarıdır. Bu taksonlardan 45 adeti istilacı türdür istilacı türlerden 19 tanesi ise Küresel istilacı türler veri tabanı (GISD), The Invasive Species Specialist Group (ISSG) (Lowe vd., 2000) ve Delivering Alien Invasive Species Inventories For Europe (DAISIE) (2008)'e göre en tehlikeli istilacı türlerden olup, bu türlerin dünyadaki mevcut yayılışlarının engellenmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir. Trabzon ilinde yol kenarı araştırmaları yapılmış ve bunun sonucunda ormanlık alanlara bitişik 81 istilacı yabancı bitki gözlemlenmiş ve kayıt altına alınmıştır (Atasoy ve Çorbacı, 2018; Karaköse, 2018; Sarı, 2019).

İstilacı karaktere sahip birçok süs bitkisi dünyada olduğu kadar Türkiye'de de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle kırsal ve kentsel alanlarda süs bitkisi olarak kullanılan birçok istilacı bitki türü mevcuttur. Hem az sayıda egzotik süs bitkisi hem de doğal ortamında istilacı karakterde olan yerli bitki türleri istila etme riski yüksek olmasından dolayı istilacı bitki olarak kategorize edilmişlerdir. Örneğin Ülkemizde doğu Karadeniz bölgesinde doğal yayılış gösteren ve hızlı büyüyen *Alnus glutinosa* (adi kızılgağaç) ve egzotik bir tür olan *Robinia pseudoacacia* (yalancı akasya) karayolu bitkilendirmesinde kullanılan birkaç ağaç türünden biri olmaları nedeniyle kısa zamanda karayolu yakınındaki doğal alanları da istila etmiş ve hızlıca yayılmışlardır (Sarı, 2019). İstilacı bitki olarak kayıtlara geçen bazı kavak türleri de (*Populus nigra* subsp. *italica* ve *Populus x canadensis* gibi) Türkiye'de kentsel alanlarda kullanılmaktadır. Her ne kadar bu türlerin erkek bireyleri süs bitkisi olarak kullanılıyorsa da genel olarak kavak türlerinin dikkatli kullanılması ve kısıtlı tercih edilmesi faydalı olacaktır. Bu nedenle kentsel alanlardan doğal alanlara sıçrayarak doğal ekosistemlere zarar verme ihtimali taşıyan bitkilerin tespit edilmesi ve kontrol altına alınması üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir. Türkiye'de son yıllarda kentlerin gelişmesine bağlı olarak tasarlanan yeşil alanlarda çoğunlukla yabancı taksonlar kullanılmakta ve bunların çoğunluğu da süs bitkilerinden oluşmaktadır. Fakat bu alanlarda yapılan peyzaj düzenleme çalışmalarında yabancı takson niteliği taşıyan bu egzotik türlerin sahip oldukları negatif özellikler yeterince dikkate alınmamaktadır. Bu yüzden de istilacı özelliği taşıyan süs bitkilerinin bilinçsiz kullanımlarının ekolojik ve ekonomik açıdan sorunlar ortaya çıkaracağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, kentsel yeşil alanlarda estetik ve fonksiyonel amaçlı olarak kullanılan ve istilacı özelliğe sahip odunsu 34 adet bitki türünün muhtemel tehditlerine yönelik bilgiler verilerek bitkilendirme stratejilerine ilişkin çeşitli öneriler sunulmuştur.

Acacia longifolia**Fabaceae****Anavatanı: Güneydoğu Avustralya,**

Genel Etkileri: *Acacia longifolia*, doğal biyolojik çeşitlilikteki azalmaya, ekosistem değişikliğine, habitat değişikliğine ve hidroloji- yangın rejimlerindeki değişimlere neden olmaktadır. *A. longifolia*'nın (özellikle çalılıkların) varlığı yangın riskini ve yoğunluğunu artırmaktadır. Ayrıca *A. longifolia* tohumunun doğası ve yüksek büyüme hızı nedeniyle, *A. longifolia* ayrıca yangın sonrası doğal floranın yenilenmesini de engellemektedir (le Maitre et al. 2002; van Wilgen et al. 2004; Marchante et al. 2003; Marchante et al. 2004, Samways & Taylor 2004; Galatowitsch & Richardson 2005; Marchante et al. 2009).

Acer platanoides L.**Aceraceae****Anavatanı: Avrupa, Kafkasya**

Genel Etkileri: *Acer platanoides*, ormanlık alanlarda alt türleri ve diğer doğal türleri baskılayarak yerli tür çeşitliliğini azaltmakta ve orman habitatlarının yapısı değişmektedir. Yol ağaçlandırmalarında fazla sayıda kullanılan bu türün tohumlarının çevreye rahatça yayılması sonucu özellikle bu alanların yakın çevrelerindeki alanları istila etmekte ve yerel bitki kompozisyonlarını tahrip etmektedir (Reichard, 1994; Hoffman and Kearns, 1997; Maryland Cooperative Extension Service. 2003; New Hampshire Invasive Species Committee. 2005; Native Plant Society of Oregon, 2008; Invasive Plant Atlas, 2021)

Ailanthus altissima (P. Mill.) Swingle**Simaroubaceae****Anavatanı: Çin**

Genel Etkileri: *Ailanthus altissima*, yerli türlerin yerini alan tarlaları, çayırları ve hasat edilmiş ormanları hızla istila edebilen yoğun, klonal çalılıklar oluşturur. Bu istilacı ağaç türü, kötü toprak koşullarına son derece toleranslıdır ve çimento çatlaklarında bile büyüyebilir. *A. altissima* bulunduğu ortamda hızla büyüyerek kabuk ve yaprakta biriken toksinleri toprağa karışarak diğer bitkilerin büyümesini engeller. Tarihi ve doğal dokuyu bozarak peyzaj karakterini tehdit etmektedir. Yerel bitki topluluklarının arasına karışarak doğal kompozisyonların bozulmasına ve peyzajın değişmesine neden olmaktadır. *Ailanthus altissima* gölgeye toleranslı değildir, ancak bozulmuş ormanları veya orman kenarlarını kolayca istila ederek habitat hasarına neden olur. Bir süs bitkisi olarak tanıtılan bu bitki, kötü koşullarda yetiştirme kabiliyeti nedeniyle şehirlerde yaygın olarak

dikilmiştir. Bu tür için yönetim ve kontrol çalışmalarında büyük ekonomik maliyetler gerekmektedir (Reichard, 1994; Hoffman and Kearns, 1997; Maryland Cooperative Extension Service. 2003; New Hampshire Invasive Species Committee. 2005; Native Plant Society of Oregon, 2008; Sarı, 2019; İnvative Plant Atlas, 2021)

Albizia julibrissin

Fabaceae

Anavatanı: İran, Çin, Japonya

Genel Etkileri: Albizia julibrissin, her türlü bozulmuş alanlardaki habitatı istila eder ve baskın tür olarak diğer doğal türlerin yetişmelerine olanak tanımaz. Genellikle eski tarlalarda, dere kenarlarında ve yol kenarlarında bulunur. Bir kez alana girdikten sonra, uzun ömürlü tohumları ve kuvvetli bir şekilde yeniden filizlenme kabiliyeti nedeniyle sahadan çıkarılması zordur (Reichard, 1994; İnvative Plant Atlas, 2021)

Alnus glutinosa (L.) Gaertn.

Betulaceae

Anavatanı: Avrupa, Kafkasya, Sibirya, K. Afrika, Asya

Genel Etkileri: A. glutinosa'nın çok çeşitli topraklarda büyüebildiği, monotipik meşcereler oluşturduğu görülmüştür. Kuraklığa dayanabilmesine rağmen, özellikle su kaynaklarının yakınında nemli, rutubetli koşulları tercih eder. Genellikle nehir kıyısı bölgelerinde, sulak alanlarda, göletler ve göller boyunca yetişir. Ayrıca ormanlarda, orman sulak alanlarında ve kentsel alanlarda yetişir (Funk 2005; Chandelier et al., 2006; Claessens et al. 2010; Global Invasive Species Database; 2021; İnvative Plant Atlas, 2021)

Bellis perennis

Asteraceae

Anavatanı: Avrupa-Sibirya

Genel Etkileri: Bellis perennis, yoğunlukla meralar, orman kenarları ve açıklıklar, akarsu kıyıları, tarım arazileri ve kumul alanlar da yetişebilen düşük mera üretimine yol açan agresif bit otsu türdür. Bulunduğu ortamda mevcut türler ile rekabet ederek mevcut türlerin yerini alarak, tür çeşitliliğinin azalmasına neden olmaktadır (İnvative Plant Atlas, 2021; İnvative Org., 2021; ISSG, 2021).

Berberis thunbergii DC.**Berberidaceae****Anavatanı: Japonya**

Genel Etkileri: Bir alana bir kere tesis olduktan sonra alandaki doğal türleri yerinden edebilir. Kuşlar tarafından kolayca dağıtılan tohumları nedeniyle doğal alanlar için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Yoğun kullanılması doğal peyzajı tehdit eden bir durum ortaya çıkarmaktadır. Aynı zamanda buğday pası (*Puccinia graminis*) için alternatif bir konaktır ve bu istilacı çalının kontrolünü ve çıkarılmasını zorlaştırmaktadır (Maryland Cooperative Extension Service. 2003; Sarı, 2019; İnvative Plant Atlas, 2021).

Broussonetia papyrifera (L.) L'Hér. ex Vent.**Moraceae****Ana vatanı Japonya, Kore, Çin, Malezya, Vietnam ve Pasifik Adaları**

Genel Etkileri: Oldukça istilacı bir türdür, bir kere kurulduktan sonra, doğal bitkiler ile rekabet ederek ve gölgeleyerek güçlü bir şekilde büyür. Aşırı yayılması ile doğal ekosisteme zarar verebilir ve ekonomik kayıplara sebep olur. Özellikle polenleri nedeniyle insanlarda alerjik rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Aşırı kök sistemi nedeniyle su kanallarına zarar verebilir. Dikildiği yerden bir süre sonra bitişik arazilere yayılabileceği için tarım arazilerine ve korunması gerekli alanlara yakın dikilmemesi tavsiye edilir (Sarı, 2019; İnvative Org., 2021).

Buddleja davidii**Buddlejaceae****Anavatanı: Asya ve Çin**

Genel Etkileri: Bozulmuş alanlarda yetişen saldırgan bir istilacı olarak bilinir. Hem insan sağlığını hem de hayvan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek özelliklere sahiptir (İnvative Org., 2021; İnvative Plant Atlas, 2021).

Campanula rapunculoides L.**Campanulaceae****Anavatanı: Avrupa, Asya**

Genel Etkileri: C. rapunculoides tarlaları, dere kıyılarını, ormanlık alanları, ormanlık alan kenarlarını, çayırları, yol kenarlarını, kentsel alanları ve meşe savanlarını istila eder. Yüksek tohum üretimi ve çoklu rizomlar

yoluyla monokültür yetiştirme ortamı yaratır (İnvasive Org., 2021; İnvasive Plant Atlas, 2021).

Cirsium arvense

Asteraceae

Anavatanı: Güneydoğu Avrupa, Doğu Akdeniz Bölgesi

Genel Etkileri: C. arvense doğal bitki örtüsü ile doğrudan rekabet ederek ve mevcut türlerin yerini alarak, tür çeşitliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda bazı habitatların yapısını ve bileşimini değiştirerek doğal toplulukları tehdit etmektedir. Özellikle koruma alanlarda bir yönetim sorunu olarak tanımlanmaktadır. C. arvense istilası, nesli tükenmekte olan ve/veya endemik bitki türlerinin ortadan kaldırılmasına neden olabilmektedir (Nuzzo 1997; Zouhar, 2001; Global Invasive Species Database; 2021).

Frangula alnus Mill.

Rhamnaceae

Anavatanı: Avrupa, Batı Asya, Kuzey Afrika

Genel Etkileri: "Orman alt örtüsündeki tüm türlerin fidanlarının uzamasını ve radyal büyümesini azaltmaktadır. Geniş bir sığ kök sistemine sahip olması, gölgeye dayanıklı tür olması nedeniyle alt türlerin büyüme ve/veya hayatta kalma oranlarını azaltmaktadır. Çam ormanlarında fide oluşumunu azaltmakta hatta diğer ağaç fidelerinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu azaltmaktadır. Tür Viburnum opulus L. ve Betula pumula L. gibi diğer odunsu bitkilerin yerlerini alarak ortamı istila eder ve tür çeşitliliğini azaltır. Hızlı büyümesi ve verimli tohum üretimi, bu bitkiyi, yerli alt bitkileri, çalıları ve ağaç fidelerini gölgeleyen ve yer değiştiren yoğun çalılıklar oluşturabilen agresif bir istilacı yapmaktadır (Reichard, 1994; Randall, 1995; İnvasive Plant Atlas, 2021) .

Hedera helix L.

Araliaceae

Anavatanı: Avrupa, Batı Asya, Kuzey Afrika

Genel Etkileri: Hedera helix, ormanlık ve açık alanların tüm bitki örtüsü seviyelerini tehdit eden, toprak boyunca ve orman örtüsünün içinde büyüyen agresif bir istilacıdır. H. helix'in etkileri arasında doğal bitki örtüsünün azalması ve biyolojik çeşitlilik kaybı yer almaktadır. Bol yapraklılık durumu nedeniyle toprak üzerinde kalın bir gölgelik oluşturur ve güneş ışığının diğer bitkilere ulaşmasını engeller. Ağaç gövdelerine tırmanan sarmaşıklar, dalları ve dalları yayar, çevreler ve örter, güneş ışığının çoğunun konukçu ağacın yapraklarına ulaşmasını engeller, böylece fotosentezi azaltır. Meristemleri

kaplar ve böylece önce dal uçlarında ve sonunda ağacın tepesinde ağacın büyümesini bozar. Ağaç artık köklere gerekli besin seviyesini sağlayamadığından, fotosentez ve büyüme üzerindeki etkiler kök sisteminde de paralel hasar oluşturabilir. Birkaç yıl içinde belirgin olan konukçu ağaç canlılığının kaybını, birkaç yıl sonra ölüm izler. Bu bitkinin, çok çeşitli ağaçları etkileyen bakteriyel yaprak kavrulması (*Xylella fastidiosa*) için uygun ortamlar hazırlamaktadır (Reichard, 1994; Reichard, 1994; Randall, 1995; Hoffman and Kearns, 1997; İnvative Plant Atlas, 2021) .

Hypericum perforatum

Hydrophyllaceae

Anavatanı: Birleşik Krallık, Avrupa, Rusya Federasyonu, Çin, Hindistan, Batı Asya, Orta Doğu, Kuzey Afrika

Genel Etkileri: Bozulan alanlarda doğal olarak yetişerek bu alanlara doğal bitki örtüsünün yerleşmesini engeller. Bitki, otlayan çiftlik hayvanlarında ışığa duyarlılığa neden olabilen, ağırlık ve kondisyon kaybına ve hatta nadir durumlarda ölüme yol açabilen iki ana toksik bileşik hiperisin ve hiperikum kırmızısını içerir. Sonbahar ve kış aylarında mevcut olan kurumuş saplar, orman ve mera alanları için yangın tehlikesi oluşturabilir (Briese & Jupp, 1995; ANHP, 2005; Global Invasive Species Database; 2021; İnvative Plant Atlas, 2021)

Impatiens glandulifera Royle

Balsaminaceae

Anavatanı: Hindistan, Nepal, Pakistan.

Genel Etkileri: Doğal bitki türleriyle rekabet ederek, onların yerini alan, yerli bitki çeşitliliğini azaltan ve yaban hayatının habitatını olumsuz etkileyen bir türdür. Yüksek üreme oranı, hızlı büyümesi, erken çimlenmesi ve yoğun meşcereler oluşturma eğiliminde olan bitki tür zenginliği ve çeşitliliğinde azaltan, kıyı alanlarında erozyonu teşvik eden ve su akışını değiştirebilen, nehir kıyılarını sonbahar ve kış aylarında erozyona karşı daha duyarlı hale getirerek, nehir kıyılarına zarar verip taşkınları artıran ana istilacı bir türdür (Global Invasive Species Database; 2021; İnvative Plant Atlas, 2021)

Lantana camara L.

Verbenaceae

Anavatanı: Orta ve kuzey Güney Amerika, Karayipler, Batı Hint Adaları

Genel Etkileri: Doğal ve tarımsal ekosistemleri istila eden bir türdür. Girdiği ortamda kümeler halinde bulunur ve diğer türler üzerinde baskılayıcı etkisi vardır. Bozulmuş ormanlarda baskın alt türler haline gelebilir,

ardışıklığı bozabilir ve biyoçeşitliliği azaltabilir. Ormandaki lantana yoğunluğu arttıkça tür zenginliği azalır. Allelopatik nitelikleri, yakındaki bitki türlerinin gücünü azaltabilir ve meyve bahçelerinde verimliliği azaltabilir. Yangın riskini artırır, hayvanlar ve insanlar için zehirlidir, birçok zararlı ve hastalığa ev sahipliği yapar, ormanlara zarar verir ve doğal bitki örtüsünün yerini alabilir yangın rejimlerini büyük ölçüde değiştirebilir, toprak erozyonu riskini artırabilir. Bazı ülkelerde büyük ekonomik kayıplara neden olan bir tarımsal zararlı ot (agricultural weed) olarak rapor edilmiştir. Bu tür, **"Dünyanın En Kötü" 100 istilacı arasında gösterilmektedir** (Randall, 1995; Global Invasive Species Database; 2021; Invasive Plant Atlas, 2021)

Ligustrum sinense Lour.

Oleaceae

Anavatanı: Çin

Genel Etkileri: Ligustrum sinense çok çeşitli koşulları tolere edebilir. Bitki doğal vejetasyondaki alt türleri gölgeleyerek tür sayısını azaltmaktadır. Eğer kontrol edilmezse bir orman alanına tamamen hakim olma potansiyeline sahiptir. Orman içlerinde ve kenarlarında doğal bitki örtüsünü baskı altına alarak yoğun monospesifik katmanlar oluşturmaktadır. Bu durumda tür sayısında ve çeşitliliğinde azalmaya neden olmaktadır. Hayvanlar ve makroomurgasızlar üzerinde toksik etkileri vardır. Ayrıca su kalitesi üzerinde olumsuz bir etkisi olmaktadır (Reichard, 1994; Randall, 1995; Global Invasive Species Database; 2021; Invasive Plant Atlas, 2021).

Lonicera japonica Thunb. ex Murray

Caprifoliaceae

Anavatanı: Çin, Japonya, Kore

Genel Etkileri: Birçok ülkede önemli bir istilacı tür olarak kabul edilmektedir. L. japonica hızlı büyüyen sürgünleri ile gerek zeminde gerekse de ağaçlara sarılarak metrelerce tırmanıp yayılabilir. Doğal ekosisteme zarar verir, yerli türler ile rekabet ederek büyümelerini engeller. L. japonica japonica, ağaçları ve çalıları sararak tam bir örtü oluşturabilir ve çalılıklarda, orman kenarlarında, dere yataklarında ve açık yol kenarlarında yayılarak giderek daha sorunlu bir tür haline gelebilir. Yerleştiği alandan elle mücadele ile çıkarılması zordur. Doğal vejetasyona karışmasının engellenmesi gerektiği bir türdür (Sarı, 2019; Global Invasive Species Database; 2021).

Melia azedarach**Meliaceae****Anavatanı: Güneydoğu Asya, Kuzey Avustralya, Himalayalar**

Genel Etkileri: M. azedarach'ın bozulmuş ve nispeten bozulmamış alanları istila ederek bu alanlardaki doğal biyoçeşitliliği azaltabilecek yapıdadır. Bu istilacı bitki, yoğun çalılıklar oluşturarak vejetatif olarak başarılı bir şekilde çoğalabilmektedir. Bu özelliği sayesinde yerli bitki ve hayvan popülasyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir (Nardo et al. 1997; Vallardes et al. 1997; Langeland and Burks 1998; Batchner 2000; Global Invasive Species Database; 2021; İnvative Plant Atlas, 2021).

Nandina domestica Thunb.**Anavatanı: Çin ve Japonya**

Genel Etkileri: Tür genellikle orta derecede istilacı olarak tanınmaktadır. İstila ettiği alanlarda doğal biyoçeşitliliğe zarar verebilir. Meyveleri kuşlar tarafından çevreye taşınır ve bitki bu sayede kolaylıkla yayılabilir. Bütün bitki zehirlidir ve meyveleri siyanür ve yüksek derecede toksik diğer alkaloidler içerir (Reichard, 1994; Sarı, 2019; İnvative Plant Atlas, 2021).

Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch.**Vitaceae****Anavatanı: Kuzey Amerika**

Genel Etkileri: Birçok ülkede istilacı olarak listelenmiştir. Yetiştigi alanlarda diğer türleri baskılayarak tür çeşitliliğine ve sayısına olumsuz etki yapabilir. Tırmandığı bitkilere ağırlık oluşturduğundan dalların kırılmasına ve çökmesine neden olabilir. Bu nedenle canlı ağaçlara sardırılmamalıdır. Meyveleri oksalik asit içerir ve yutulduğunda insanlar için yüksek derecede toksik olduğu rapor edilmiştir. Bitki kontrol altında tutulmadığı takdirde etrafındaki ağaç ve çalılıarı sararak onlara zarar verebilir (Reichard, 1994; Sarı, 2019; İnvative Plant Atlas, 2021).

Paulownia tomentosa (Thunb.) Sieb. & Zucc. ex Steud.**Scrophulariaceae****Anavatanı: Çin, Asya**

Genel Etkileri: Çin e özgü olan tür ormanlar, yol kenarları, akarsu kıyıları ve bozuk doğal alanlarda hızla büyüyen birçok alanı istila eden agresif bir ağaçtır. Bulunduğu alanda kolonize bir yapı göstererek doğal türler ile rekabete giren ve diğer türleri baskılayan bir yapı göstermektedir (Reichard, 1994; Randall, 1995; İnvative Plant Atlas, 2021) .

Phoenix canariensis**Arecaceae**

Anavatanı: Afrika, Avustralasya-Pasifik Bölgesi, Avrupa ve Kuzey Amerika

Genel Etkileri: P. canariensis'in yerel türlerin yerini alarak doğal ortamın yapısını bozmaktadırlar. Ayrıca P. canariensis, yapraklarının kuruması nedeniyle belirli bireylerde bronşiyal astım kaynağı haline geldiği bilinmektedir (Swearingen, , 2000-2007; İnvasive Plant Atlas, 2021).

Pinus pinaster Soland.**Pinaceae**

Anavatanı: Afrika ve Avrupa

Genel Etkileri: Bu tür, yangın sonrası yoğun çalılıklar oluşturarak yerli bitkileri baskılamaktadır. Yangın rejimlerini ve hidrolojik özellikleri değiştirmesi ve birçok hayvanın yaşam alanlarını değiştirmesi nedeniyle "Dünyanın En Kötü" 100 istilacı arasında gösterilmektedir (Swearingen, 2000-2007; İnvasive Plant Atlas, 2021).

Rhamnus cathartica L.**Rhamnaceae**

Anavatanı: Avrupa, kuzeybatı Afrika ve batı Asya, orta Britanya Adaları, Fas ve Kırgızistan

Genel Etkileri: ormanlık alanları, çayırları ve savanları istila eden, yerli çalıları ve alt bitkileri baskılayan çalılıklar oluşturmaktadır. Bulunduğu ortamda yoğun meşcereler oluşturarak tüm bitki örtüsünün baskı altına alınmasıyla ortamdaki uzaklaşmalarına neden olmaktadır (Reichard, 1994; Randall, 1995; Hoffman and Kearns, 1997; İnvasive Plant Atlas, 2021).

Robinia pseudoacacia L.**Fabaceae (Leguminosae)**

Anavatanı: Kuzey Amerika ve Kuzey Meksika

Genel Etkileri: Öncü tür olması, ekstrem çevresel koşullara adapte olabilmesi, kök ve tohumları ile kolayca yayılarak agresif şekilde hızlı büyümesi nedeniyle dünyanın bir çok ülkesinde istilacı olarak kayıtlara geçmiştir. R. pseudoacacia ortamdaki diğer bitkilerden daha kolay ortama yayılım göstermektedir. Rekabet gücünün yüksek olduğu bu tür, mevcut bitki örtüsünü baskılayarak tür çeşitliliğini ve bitki tür kompozisyonlarını olumsuz etkilemektedir (Reichard, 1994; Randall, 1995; Hoffman and Kearns, 1997; Karaköse vd., 2018; Sarı, 2019; İnvasive Plant Atlas, 2021).

Rhododendron ponticum**Ericaceae****Anavatanı: Güney Avrupa, Güneybatı Asya**

Genel Etkileri: *R. ponticum*, yerli türlerin yenilenmesini engelleyebilen ve bitki ve hayvan topluluklarını değiştirebilen yoğun meşcereler oluşturabilir. Rüzgarın etkisiyle tohumlarının yayılma kabiliyetinin yüksek olması ve köklerinden kuvvetli bir şekilde yeniden filizlenme kabiliyeti nedeniyle mevcut bitki örtüsünü baskılayarak tür çeşitliliğinin azalmasına neden olmaktadır (İnvasive Plant Atlas, 2021; İnvasive Org., 2021; ISSG, 2021).

Rosa multiflora Thunb.**Rosaceae****Anavatanı: Japonya, Kore, Asya**

Genel Etkileri: *R. multiflora* hızla yayılabilen özelliğinden dolayı meralarda, tarlalarda ve orman kenarlarında aşılmaz çalılıklar oluşturduğu için mera ve rekreasyon alanlarına erişimi ciddi şekilde kısıtlayabilmektedir. Aynı zamanda insan, çiftlik hayvanları ve vahşi yaşam hareketini kısıtlar ve doğal bitki örtüsünün yerini alır. Yaprakları ve sapları doğal bitkilerin büyümesini engellemektedir. Mera alanlarının ve yem kalitesinin bozulmasına, üretkenliğin azalmasına neden olmaktadır (Reichard, 1994; Randall, 1995; Hoffman and Kearns, 1997; İnvasive Plant Atlas, 2021).

Rubus discolor Weihe & Nees**Familiya: Rosaceae****Anavatanı: Kuzey Afrika, and Batı Avrupa**

Genel Etkileri: *Rubus niveus* ormanlık alanlarda, açık alanlarda ve çalılık alanlarda yoğun, aşılmaz, dikenli çalılıklar oluşturur. Aynı zamanda tarım arazilerini de etkileyerek çiftçiler için ciddi ekonomik sorunlara neden olmaktadır. *Rubus*, kolonize yapı oluşturarak büyük, aşılmaz dikenli baston çalılıkları oluşturur. Çalılıklar yoğun bir gölge oluşturarak yerli tür çeşitliliğini azaltır ve memelilerin suya erişim sağlamadaki hareketini sınırlandırır. Buna ek olarak, dikenli gövdelerin karışık kütlesi insanların, çiftlik hayvanlarının, ekipmanların ve araçların meralara ve suyollarına erişimini engeller. Bu yoğun çalılıklar aynı zamanda potansiyel yangın tehlikelerini artıran unsurları oluşturur. *R. discolor*'un bir başka istenmeyen yönü, fareler için iyi bir yiyecek ve barınak kaynağı olmalarıdır (Alaska Natural Heritage Program, 2005; DiTomaso, 2006; Global Invasive Species Database; 2021)

Spiraea japonica L. f.**Rosaceae****Anavatanı: Japonya**

Genel Etkileri: *Spiraea japonica*, yetiştikleri alanlarda doğal bitki örtüsünün yerini alarak ve açık alanları kapatan yoğun meşcereler oluşturabilir. Özellikle bozuk alanlarda yetiştikleri takdirde alana hızla yayılırlar, mevcut bitki örtüsünü baskı altına alan yoğun meşcereler oluşturur. Tohumlar toprakta uzun süre dayanabilmesinden dolayı kontrol edilmesi oldukça zordur (Xiaojiang Hao ve ark. 2003; Global Invasive Species Database; 2021; İnvasive Plant Atlas, 2021).

Tamarix ramosissima**Tamaricaceae****Anavatanı: Avrupa, Asya**

Genel Etkileri: *Tamarix ramosissima*, kurak iklimlerin nehir kıyısı bölgelerine hakim olan, yaygın olarak istilacı bir çalıdır. *T. ramosissima*, yerli bitkilerin yerini alarak tür çeşitliliği üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Aynı zamanda hayvanların yaşam alanlarını ve besin ağlarını büyük ölçüde değiştirmek, su kaynaklarını tüketmek, erozyonu, sel hasarını, toprak tuzluluğunu ve yangın potansiyelini artırmak gibi olumsuzluklara da neden olmaktadır (İnvasive Plant Atlas, 2021; İnvasive Org., 2021; ISSG, 2021).

Ulex europaeus**Fabaceae****Anavatanı: Britanya Adaları ve Batı Avrupa**

Genel Etkileri: Yetiştikleri ortamlarda son derece rekabetçidir, toprakların nitrojeni sabitleyerek toprakları asitleştirerek toprak koşullarını değiştirir, organik madde yönünden fakirleştirebilir; ısıya dayanıklı tohumlar üretmesinden dolayı yangın olanlarda yangından sonra hızla alanı istila edebilir. Aynı zamanda yağlı, son derece yanıcı yaprak ve tohumları ile bol ölü maddesi nedeniyle aşırı yangın tehlikesi oluşturur. Sadece yangın riskini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda çoğu yabancı ottan daha fazla yangın şiddetini artırabilir. Oluşan yangın riski, doğal bitki örtüsünün üzerinde tehdit oluşturur.

Dik yamaçlarda doğal bitki örtüsünün yerini almasından dolayı erozyonu artırır. Meraları işgal ettiği yerlerde mera kalitesini düşürür. Kültürel işlemlere müdahale ederek budama ve seyreltme maliyetlerini artırır ve kozalaklı fidanların büyümesini engelleyebilir (In IPM, 2000; Clements et al., 2001; Global Invasive Species Database; 2021)

Vinca major L.**Familya: Apocynaceae****Anavatanı: Avrupa, Batı Asya**

Genel Etkileri: Vinca major, diğer bitkileri dışlayan yoğun meşcereler oluşturur ve yerli bitkilerle rekabet ettiği alanlarda sorun yaratır. Su kıyılarında bulunan bitki örtüsünün alt tabakası için özel bir tehdittir. V. major, “tüm doğal toprak ve bitki örtüsünü boğan, ağaçların ve çalılarının yenilenmesini önleyen yoğun paspaslar oluşturur. Bunun sonucu olarak da, mevcut ağaç ve çalı örtüsünün kaybına yol açarak uzun vadede akarsu kıyılarında erozyona yol açabilirler (Bean and Russo, 2003; Global Invasive Species Database; 2021).

Wisteria sinensis (Sims) DC.**Familya:****Anavatanı: Çin**

Genel Etkileri: Doğal türler üzerinde gölgeler oluşturarak alt kısımlarda türlerin yetişmesi izin vermeyen yoğun çalılıklar oluşturabilir. Oluşan bu çalılıklarda agresif istilacılık özelliği göstererek ekosistem için de bir tehdit oluştururlar (Remaley, 1999; Global Invasive Species Database; 2021).

3. Sonuç ve Öneriler

Gelişen teknolojinin ulaşımı ve ticareti kolaylaştırmasıyla coğrafi sınırlar istilacı yabancı türler için engel olmaktan çıkmıştır. Doğal yaşam alanları haricindeki bölgelere, insan aktiviteleriyle doğrudan ya da dolaylı olarak taşınan istilacı yabancı bitkiler biyoçeşitlilik açısından, önemi giderek artan bir sorun haline gelmiştir (Önen 2015). Özellikle lokal biyolojik çeşitliliği tehdit eden ve ciddi ekonomik kayıplara yol açan istilacı bitkilerin istilası acil çözüm bekleyen en önemli sorunlarından birisidir. Bugün istilanın altında yatan mekanizmalar tam olarak aydınlatılamadığı için bu soruna çözüm üretmede çok büyük zorluklar yaşanmaktadır. Özellikle geçimlerini doğal kaynaklara, sağlıklı ekosistemlere, ticarete ve turizme dayalı olarak sağlayan, gelişmekte olan ülkelerdeki yoksul kesimlerin daha fazla etkilenmesine neden olmakta, bu toplulukların iş alanlarını yok ederek göç etmelerine sebebiyet vermektedir.

İstilacı bitki, oluşturdukları sorunların çeşitliliği ile oluşturdukları sorunların maddi karşılığının net olarak belirlenmesi de oldukça güçtür. Çünkü istilacı bitki taksonlarının sayısı dikkate alındığında, hem istilacı tür hem de istila edilen alan hakkında yoğun bilgi birikimi, etki değerlendirme konusunda uzmanlık ve geniş bir bilgiye ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca gerekli şartlar sağlansa da istilacı bitkilerin ekoloji ve çevre, özellikle de insan sağlığına etkilerinin maddi karşılığının hesaplanabilmesi oldukça güç

hatta imkansız olabilmektedir. Dolayısıyla bu bitkilerin yayılmalarının önlenmesi, yeni istila ettikleri alanlarda tedbir alınması ve kontrolleri büyük önem taşımaktadır. İstilacı bitkilerin başarılı bir şekilde tedbir veya kontrolü için öncelikle türe özel “istilacı bitki etki/risk değerlendirmelerinin” yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirmelerde öncelikle istilacı bitkilerin oluşturduğu risk/tehditlere göre öncelik sırası belirlenmelidir. Sıralamada her ne kadar hedef bitkinin bütün yönleriyle ele alınması gereklyse de; riskin boyutuna bağlı olarak bir tek olumsuz etki (insan sağlığı, tarım ve ekosistem için oluşturduğu risk vb.) bile öncelik için yeterli olabilmektedir (Barney ve ark., 2013). Dolayısıyla istilacı yabancı bitkilerin etkileri veya oluşturdukları risk/tehditlerin bir bütün olarak gözden geçirilmesi büyük önem taşımaktadır (Terzioğlu ve ark., 2014).

Günümüzde tüm istilacı türler için tek bir çözüm yerine birden fazla çözüm olması gerekmektedir. Çünkü bitki istilasının altında yatan mekanizmaların anlaşılması durumunda temel ekolojik özelliklere gerçek bir bakış açısı getirilebilir ve istilacı bitki taksonlarına yönelik doğru mücadele stratejileri geliştirilebilir.

Bitki biyoçeşitliliği ve öncelikli olarak da zenginliğin önemli göstergesi olan endemik ve nadir taksonların bu tip saldırılardan korunması gereklidir. Bunu sağlarken istilacı türlere de fazlası ile önem verilmeli ve gerekli tedbirler erkenden alınmalıdır. Bu koruma sadece biyolojik bir olay olmayıp, bunun çok değişik politik, ekonomik, sosyal ve hatta etik yönleri vardır. Bu koruma ile ilgili uygulamalarda, yerel yönetimler, politikacılar, biyolog, orman ve ziraat mühendisi, ekolog, bitki sosyoloğu ve ekonomistler tarafından ortaklaşa eşgüdüm ve işbirliğinin bütünüyle kurulması ve çalıştırılması gerekmektedir.

Kentsel alanlardaki yeşil altyapıları destekleyen bitki materyalinin estetik, çevreyle ilgili ve fonksiyonel olarak doğru kullanımı, ekonomik olarak fayda getirmesinin yanı sıra kentsel yeşil alanların sürdürülebilir ve mümkün olduğunca doğal ekosistemlere zarar vermeden yönetilebilmesi bağlamında da önem taşımaktadır.

Buna göre istilacı bitkilerle mücadelede en etkili yöntem, biyolojik mücadele olup burada önemli bir durum istilacı bitki ortama uyum sağlama aşamasındayken mücadelenin yapılmasıdır. Bu mücadele istilacı bitkilerin yok edilmesi yerine kontrol altına alınması, bölgenin bozulan ekolojisinin daha da kötüleşmesini engelleyebilecektir.

Genel olarak istilacı bitkilerin kontrol altına alınmasına yönelik bu tedbirler etkili olacaktır. Bununla birlikte peyzaj tasarımlarında özellikle kent ağaçlandırmalarında tercih edilen pek çok süs bitkisinin bilinçli kullanımı konusunda peyzaj mimarları ve fidanlık yöneticilerine büyük görev düşecektir. Örneğin süs bitkisi satıcıları bitkilerin istilacı özellik taşıyıp

taşımadığına ilişkin bilgileri içeren tanıtım künyeleri kullanılmalıdır. Süs bitkileri endüstrisi genel olarak doğal ve ya egzotik süs bitkilerinin üretimi, çoğaltımı, tanıtımı ve pazarlanmasından sorumludur. Ancak ekonomik kaygılarla süs bitkileri endüstrisinde bazı istilacı karakterdeki süs bitkilerinin yaygınlaşmış olması ileride daha fazla maddi zararlara yol açan çevresel sorunlara sebep olacaktır.

Egzotik süs bitkilerinin daha fazla tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biri dikildikleri ortama çabuk adapte olabilmeleri ve hızlı büyümeleri olabilir. Ancak egzotik bitkilerin bazı dezavantajları olabileceği de bilinmektedir. Bazı egzotik süs bitkilerinin bakım ihtiyaçları (düzenli budama ve sulama gibi) fazla olmasına rağmen estetik özellikleri nedeniyle bu masraflar kısa vadede göz ardı edilebilmektedir. Uzun vadede ise kentlerin hızlı gelişimi, hava ve toprak özelliklerinin bozulması, iklim değişimi etkileri nedeniyle doğal olmayan bitki türlerinin sürdürülebilirliği tehdit altındadır. Kentsel tasarımlarda kullanılacak süs bitkilerinin biyolojileri tam olarak araştırıldıktan sonra kullanılması uygun olacaktır. Özellikle yerli türlerin avantajları ortaya konulmalı, estetik ve diğer amaçlı kullanımlar için yabancı türlere alternatif olabilecek yerli türlere yönelik çalışmalar desteklenmelidir. Bu konuyla ilgili kaliteli ve uzman elemanlar yetiştirilmelidir. Egzotik istilacı türlere karşı tedbirlerin erken alınması gelecekte oluşabilecek sorunların daha ekonomik şekilde çözüme ulaşmasına yardımcı olacaktır.

4. Referanslar

- Atasoy, M., & Çorbacı, Ö. L. (2018). The invasive alien plants of Turkey a checklist and environmental hazards. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 8(5), 1-8.
- Barney, J. N., Tekiela, D. R., Dollete, E. S., & Tomasek, B. J. (2013). What is the “real” impact of invasive plant species?. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(6), 322-329.
- Batcher, S. M. (2000). Element stewardship abstract for *Melia azedarach* Chinaberry, Umbrella tree. The Nature Conservancy's Wild land Invasive Species Team, 124.
- Callaway, R. M., & Aschehoug, E. T. (2000). Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. *Science*, 290(5491), 521-523.
- Christenhusz, M. J., Byng, J. W., 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3): 201-217

- Dassonville, N., Vanderhoeven, S., Gruber, W., Meerts, P. 2007. Invasion by *Fallopia japonica* Increases Topsoil Mineral Nutrient Concentrations. *Ecoscience*. 14: 230-240.
- DiTomaso, J. M., Brooks, M. L., Allen, E. B., Minnich, R., Rice, P. M., & Kyser, G. B. (2006). Control of invasive weeds with prescribed burning. *Weed technology*, 20(2), 535-548.
- Everett, R. A. (2000) Patterns and pathways of biological invasions. *Trends Ecol Evol* 15:177–178
- Fiala, K., Zahora, J., Tuma, I., Holub, P. 2004. Importance of Plant Matter Accumulation, Nitrogen Uptake and Utilization in Expansion of Tall Grasses (*Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*) into an Acidophilous Dry Grassland. *Ekologia Bratislava*. 23: 225-240.
- Funk, J.L., Vitousek, P.M. 2007. Resource-Use Efficiency and Plant Invasion in Low-Resource Systems. *Nature*. 446: 1079-1081.
- Global Invasive Species Database (2019). <http://www.iucngisd.org/gisd/>. Erişim Tarihi: 15.11.2021
- Güzel, Y. (2017). Türkiye için yeni bir istilacı yabancı bitki kaydı: *Alternanthera sessilis* (Amaranthaceae). *Bitki Koruma Bülteni*, 57(1), 65-72.
- Hoffman, R. and Kearns, K. 1997. Wisconsin Manual of Control. Recommendation for Ecologically Invasive Plants. Madison, WI Wisconsin Department of Natural Resource. 102.
- Hulme PE (2009) Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *J Appl Ecol* 46:10–18
- Invasive Plant Atlas (2021). <https://www.invasiveplantatlas.org/>. Erişim Tarihi: 10.11.2021.
- Karaer, F., Kutbay, H. G., & Terzioğlu, S. (2015). Invasive Plants Biodiversity of Turkey, Factors affecting and necessary Measures required. *Turkish Journal of Weed Science*, 18(1), 24-32.
- Karaköse M., Akbulut S., Bayramoğlu M.M. (2018). Espiye (Giresun) Orman Planlama Birimi'nin İstilacı Yabancı Türleri. *Turkish Journal of Forestry*, 19(2): 120- 129.
- Kayaçetin, F 2020. Botanical characteristics, potential uses, and cultivation possibilities of mustards in Turkey: a review. *Turk J Bot* 44(2): 101-127.

- Keller, R. P., Geist, J., Jeschke, J. M., & Kühn, I. (2011). Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe*, 23(1), 1-17.
- Le Maitre, D. C., van Wilgen, B. W., Gelderblom, C. M., Bailey, C., Chapman, R. A., & Nel, J. A. (2002). Invasive alien trees and water resources in South Africa: case studies of the costs and benefits of management. *Forest Ecology and management*, 160(1-3), 143-159.
- MacDougall, A. S., & Turkington, R. (2005). Are invasive species the drivers or passengers of change in degraded ecosystems?. *Ecology*, 86(1), 42-55.
- Marchante, E., Kjølner, A., Struwe, S., & Freitas, H. (2009). Soil recovery after removal of the N₂-fixing invasive *Acacia longifolia*: consequences for ecosystem restoration. *Biological Invasions*, 11(4), 813-823.
- Nellemann, C., Hain, S., Alder, J. (2008) In Dead Water: Merging of Climate Change with pollution, over-harvest, and inestations in the worlds fishing grounds. UNEP/Earthprint, GRID-Arendal, Norway
- Önen, H., Ozaslan C. ve Akyol N. (2015). *Ambrosia artemisiifolia*. In: Önen H. eds. *Türkiyenin İstilacı Bitkileri Kataloğu* T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Sayfa 410-423, ISBN: 978-605-9175-05-0, Ankara
- Onen, H., & Farooq, S. (2015). Current status and future prospects of invasive plants in Turkey. *CIHEAM Watch Letter*, 33(4).
- Özhatay N., Kültür Ş., Gürdal B. (2017). Check-list of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey VIII. *Journal of Faculty of Pharmacy of Istanbul University*, 47(1): 30-44.
- Pejchar, L., & Mooney, H. A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in ecology & evolution*, 24(9), 497-504.
- Pyšek, P., & Richardson, D. M. (2010). Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual review of environment and resources*, 35, 25-55.
- Reichard, S. E. (1994). Assessing the potential of invasiveness in woody plants introduced to North America (Doctoral dissertation, University of Washington).

- Ross, P.M., Parker, L., O'Connor, W.A., Bailey, E.A. (2011) The impact of ocean acidification on reproduction, early development and settlement of marine organisms. *Water* 3: 1005-1030.
- Sarı, D. (2019). Kentsel Peyzajda Kullanılan Bazı İstilacı Süs Bitkileri; Türkiye'den Örnekler. *Scientific Developments*, Chapter 12, 173-190
- Satıl, F., Selvi, S., & Tumen, G. (2020). Balıkesir florasında istilacı karaktere sahip yerli bitki taksonları üzerine bir araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 928-946.
- Surat, H., Yılmaz, M. (2018). Estetik ve Fonksiyonel Amaçlarla Kullanılan İstilacı Türler. III. Türkiye Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu.
- Sürmen, M., Yavuz, T., Sürmen, B., Kutbay, H. G., Töngel, Ö., & Yılmaz, H. (2013). Orta Karadeniz (Samsun/TÜRKİYE) çayır ve meralarında *Avena sativa* L.'nin istilacı/yabancı tür olarak değerlendirilmesi. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 7-13.
- The Invasive Species Specialist Group (ISSG) (2021). <http://www.issg.org/> Erişim Tarihi: 25.11.2021
- Uludağ, A., & Ertürk, Y. E. (2012). İthâl Ev Hayvanları Ve Süs Bitkilerinin Çevreye Etkileri/The Negative Effects Of Imported Ornamentals And Pets On Environment. *Journal of History Culture and Art Research*, 1(4), 428-444.
- Uludağ A., Aksoy N., Yazlık A., Arslan Z. F., Yazmış E., Üremiş I., Cossu T.A., Groom Q., Pergl J., Pysek P., Brundu G. (2017). Alien Flora of Turkey: Checklist, Taxonomic Composition and Ecological Attributes. *NeoBiota*, 35: 61–85.
- Van Wilgen, B. W., & Richardson, D. M. (2014). Challenges and trade-offs in the management of invasive alien trees. *Biological Invasions*, 16(3), 721-734.
- Wagner, V., Antunes, P. M., Irvine, M., & Nelson, C. R. (2017). Herbicide usage for invasive non-native plant management in wildland areas of North America. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 198-204.
- Zouhar, K. (2008). Wildland fire in ecosystems: fire and nonnative invasive plants. Forest Service.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 08



**Kozmetoloji Dünyasında Nanoteknolojinin Rolü
(İkbal Demet Nane)**

Kozmetoloji Dünyasında Nanoteknolojinin Rolü

İkbal Demet Nane

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,

E-mail: ikbaldemetnane@gmail.com

1. Giriş

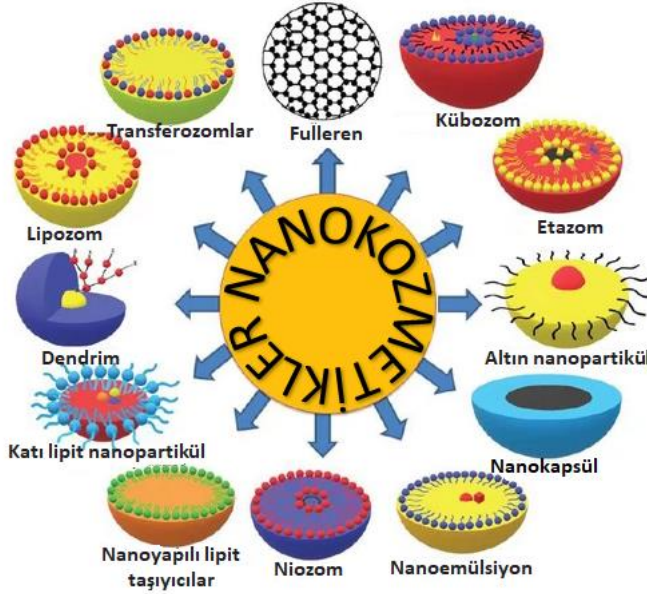
Kozmetikler; biyolojik olarak aktif bileşenlere sahip, tıbbi veya ilaç benzeri faydaları olan kimyasal maddelerdir. Kozmetik, yüzyılın artan güzellik algısıyla birlikte gün geçtikçe canlanmakta ve tüm dünyada pazar hacmini genişletmektedir. Günümüzde kozmetikler, kırışıklıkları, cilt kuruluşunu, koyu lekeleri, düzensiz ten rengini, hiperpigmentasyonu, yaşlanmayı ve saç hasarını iyileştirmek veya önlemek için çeşitli durumlarda rutin olarak kullanılmaktadır (Dhapse-Pawar vd., 2020). Bazı kozmetik ürünler, hedef bölgelere ulaşırken derinin bariyer yapısını aşır, etken maddenin iletilmesi aşamasında zorluklarla karşılaşır. Bu nedenle, bariyer özelliklerinin iyileştirilebilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır (Rahimpour & Hamishehkar, 2012). Nanoteknoloji; atomların ve moleküllerin yaklaşık 1-100 nm aralığında olduğu bilim dalını ifade etmektedir. Pek çok alanı etkisi altına alan ve gün geçtikçe hızla ilerleyen bu sahada ilaçtan, biyomedikal malzemeye, savunma sanayisinden güvenlik, elektronik, metalürjiye kadar pek çok sektör yararlanmaktadır. Kozmetik ve nanoteknoloji bir araya getirildiğinde, oluşturulan nanokozmetik ürünler, cilt yüzeyinden kolay bir şekilde penetre olarak derinin derin katmanlarına ulaşabilmektedir (Gök Metin & Özdemir, 2015). Nanokozmetikler; nanotaşıyıcılar veya nanopartiküller içeren kişisel bakım ürünleridir. Nanotaşıyıcılar güneş kremlerinde, nemlendiricilerde, parfümlerde ve yaşlanma karşıtı ve saç ürünlerinde kullanılmıştır. Bu taşıyıcılar, formülasyon etkinliğini artırır ve aktif bileşenlerin kontrollü salınımını destekler (Santos, 2020). Bu şekilde üretilen kozmetik ürünlerin raf ömrü uzatılabilmekte, ürünün boyutu ve şekli değiştirilebilmekte ve en önemli özellik olan estetik görünüm müşteri beklentisine göre düzenlenebilmektedir. Üreticilerin en çok tercih ettikleri ürünler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Nanoteknolojinin kullanımını içeren kozmetik ürünleri

Kullanım Yeri	Kullanım Alanı
Deri	Temizleyici, Nemlendirici, Yaşlanma karşıtı kremler, Peeling vb.
Saç	Şampuan, Saç kremi, Saç boyası, Serum, Saç spreyleri, saç maskesi
Tırnak	Oje, aseton, tırnak güçlendirici krem, bakım kremi
Yüz	Fondöten, maskara, pudra, kapatıcı
Koku	Deodorant, parfüm

Eşsiz fizikokimyasal özelliklere sahip çok sayıda nano ölçekli malzemenin kozmetik formülasyonlarda kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Kozmetik maddelerin stabilite problemlerinin olması, bu nano boyutlu ürünlerin sadece derinin en üst tabakası olan epidermisin St.Corneum tabakasında kalmayıp, dermis tabakasına hedeflenebilmeleri, geleneksel kozmetiğin yerini bu yeni teknolojiye bırakmasına neden olmuştur. Bir geçirgenlik bariyeri olarak insan derisinin stratum corneum tabakası, terapötik ajanların yanı sıra kozmesötikler için özel bir dağıtım yolu sunar. Topikal ve transdermal uygulamada, aktif kısımlar hücreler arası, hücre içi ve transappendageal yollardan sırasıyla deri matrisine veya deri altı dokulara ve ardından sistemik dolaşıma nüfuz edebilmektedir. Nano boyutlu taşıyıcılar ya deri içinde bozulma olmadan yer değiştirebilir ya da kapsüllenmiş terapötik parçaların deri katmanlarına nüfuz edeceği deri yüzeyinin yakınında bozunabilir (Verma vd., 2016; Paudel vd., 2010). Örneğin; geleneksel kozmetikte rujlarda renklendirici olarak katran pigmentleri kullanılmaktaydı. Katran pigmentleri hammadde olarak kömürden elde edilmektedir ve kanserojen riski taşımaktadır. Bu yüzden kozmetik sektörü hasarı minimize edebilmek için nanopartikül olarak pigment içeriğinde FeO ve Cd gibi metal bileşikler kullanılmaya başlamıştır. Güneşten koruyucu maddeler içeren polimerik nanopartiküller, kapsüllenmiş ilacı cilde iletmek için stratum corneum tabakasına nüfuz eder (Desai vd., 2010). Çinko oksit (ZnO) ve titanyum dioksit (TiO₂) gibi inorganik nanopartiküller kozmetik olarak arzu edilen güneş kremlerinin başlıca örnekleridir (Zhang vd., 2013). Metalik/manyetik nanopartiküller, cilt hastalıklarının erken teşhisi için hücre etiketleme veya cilt hedeflemede faydalıdır. Stratum corneum tabakasına ve kıl foliküllerine pasif olarak nüfuz ederek stratum granulosuma kadar ulaşabilirler (Gupta vd., 2013). Kozmetikte nanopartikül olarak kullanılan lipozomlar, kübozomlar, dendrimler, nanokristaller, katı lipit nanopartiküller, nanoemülsiyonlar, hidrojeller, niozomlar, transferozomlar, nanoyapılı limit taşıyıcılar, fullerener ve etazomlar olan nanokozmetik malzemeler ürünlerin

içinde yer almaya başlamıştır. Nanokozmetikler Şekil 1’de gösterilmektedir. Her biri ayrı başlıklar altında detaylı olarak açıklanacaktır.



Şekil 1. Kozmetik endüstrisinde kullanılan nanokozmetikler (Dhapse-Pawar vd., 2020)

1.1. Lipozomlar

Lipozomlar, biyolojik olarak parçalanabilen doğal veya sentetik bir çift fosfolipid tabakası ile çevrelenmiş küresel veziküllerdir (Nagalingam, 2017). Bu lipitler hidrofilik ve hidrofobik kısımlara sahip oldukları için amfifilik olarak tanımlanmaktadır. Lipozomlar bu amfifilik durumdan dolayı kapsüllenebilir formdadır (Shukla vd., 2021). Lipozomlar kapsüllenerek ilaçların veya kozmetik malzemelerin çözünürlüğünü artırma, biyoyararlanımı geliştirme, hücresel alımı kolaylaştırma, farmakokinetiği değiştirme ve in vitro/in vivo stabiliteyi geliştirme gibi benzersiz özellikleri ile taşıyıcı sistem olarak kullanılabilir (Xiao ve Li, 2002; Weiss ve Fintelmann, 2000). Karotenoidler, koenzim Q10 ve likopen gibi antioksidanlar ile A, E ve K vitaminleri gibi aktif bileşenler, suda çözündüğünde; fiziksel ve yapısal özellikleri kaybolmadığı için lipozomlara eklenebilmektedir (Kaul vd., 2018). Birçok farklı ilacın lipozom formülasyonları, lipozomal olmayan formülasyona kıyasla terapötik aktivitede önemli bir artış göstermektedir. Bu nedenle, son zamanlarda dermatoloji ve kozmetik alanında lipozomların yüz yıkama jellerinde veya cilt kremlerinde kullanımına büyük ilgi duyulmaktadır. Lipozomlar,

kozmetik ürünlerdeki aktif maddelerin derinin en dış katmanlarına sabitlenmesine yardımcı olmaktadır (Niemiec vd., 1995)

1.2. Kübozomlar

Kübozomlar, sıvı kristalin sulu ortamda dağılmasıyla formüle edilen ve yüksek yüzey alanına sahip iki sürekli kübik yapının farklı nanovezikülleridir. Kübozomları oluşturmak için suda kendi kendine toplanma yeteneğine sahip olan gliserol monooleat (GDO) ve fitantriol (PHYT) gibi maddeler kullanılmaktadır. Kübozomlar, benzersiz bir ilaç dağıtım sistemi olarak kullanılırlar ve son zamanlarda dermatolojik ve kanser tedavisinde kullanımları önemli ölçüde artmıştır (Kaul vd., 2018; Santos, 2020; Gökçe ve Özer, 2016).

1.3. Dendrimler

Dendrim kelimesi dendron (ağaç) ve meros (parça) kelimelerinden oluşmuş ‘dallanmış yapı’ anlamındaki moleküllerdir. Yaklaşık 20 nm boyutunda, düzenli, simetrik ve belirgin bir odak noktası ya da çekirdeği olan tek molekül misel nanoyapılardır (Raj vd., 2012). Dendrimler makromoleküler olarak tasarlanmıştır ve güneş koruyucu, şampuan, cilt bakımı ve tırnak bakımı gibi farklı uygulamalar için nanoteknoloji tabanlı kozmetikler olarak kullanılabilir (Hameed vd., 2019). Örneğin dendrimer bazlı klorheksidin diglukonat (antiseptik) içeren bir kozmetik malzemede, deriye nüfuz etmeyi de artırır (Holmes vd., 2017). Dow Chemical Company, L'Oréal, Revlon ve Unilever gibi birçok kozmetik firmasının; cilt, tırnak ve saç bakım ürünlerindeki uygulamalar için dendrimer bazlı kozmetik formülasyonlar üzerinde birçok patenti vardır (Singh & Sharma, 2016). L'Oreal, cilt uygulamaları için kozmetik formülasyonlarda film oluşturu polimerlerin eşlik ettiği terminal hidroksil fonksiyonelleştirilmiş polyester dendrimerleri kullanılmaktadır. Çeşitli L'Oreal kozmetik ürünlerinde dendrimerlerin kullanımıyla iyileştirilmiş bir yoğunluk gözlemlenmiştir (Lohani vd., 2014).

1.4. Nanokristaller

Nanokristal, boyutu 100 nm'den daha küçük moleküller olarak tanımlanmaktadır. Kozmetik ürünlerde kullanılan bu kristaller; dermal uygulama yoluyla yüksek penetrasyon gücüne sahiptirler (Srinivas, 2016). Kristallerin boyutları küçüldükçe yüzey alanları artmaktadır bunun sonucunda da çözünürlük ve biyoyararlanım daha da yükselmektedir (Brunner, 1904). Örneğin hastalara uygulanan ilaç dozajları azaltılarak, nanokristaller ile sürekli ilaç salımı sağlanabilmektedir. Nanokristaller; krem, losyon vb. kozmetiklerde kullanılmaktadır.

1.5. Katı Lipit Nanopartikül

Güçlü lipid nanopartiküller (SLN), boyutları 50 ila 1000 nm'ye ulaşan ve suda çözünebilen, fizyolojik lipidlerden veya yüzey aktif maddenin parçacıklarından oluşan kolloidal taşıyıcılardır (Lohani vd., 2014). Katı lipid nanopartikülün yapısı tek bir kabuk tabakadan oluşur ve çekirdeği yağlıdır. Bu yapılar çok ciddi homojenizasyon ve çöktürme yöntemleri ile hazırlanır. Düşük toksisiteye sahip olmaları ve biyolojik olarak parçalanabilen lipidler, farmasötik ve kozmetik alanlarında kullanımını kolaylaştırmaktadır. Etken maddeler küçük boyutta oldukları için cildin dış katmanıyla çabuk etkileşim göstermektedir. Katı lipid nanopartiküller koku sektöründe de oldukça yaygın kullanım alanı bulmaktadır ve parfümün uzun süre kalıcılığını sağlamaktadır. Ultraviyole dayanım özelliği gösterdikleri için güneş koruyucu kremlerde kullanılırlar ve ürünlerin bozulmasına karşı koruma özellikleri bulunmaktadır (Kumar & Jaswal, 2021).

1.6. Nanoemülsiyonlar

Emülsiyon; iki veya daha fazla karışmayan sıvıdan oluşan karışımlardır. Nanoemülsiyon ise su, yağ ve yüzey aktif madde gibi üç ayrı fazdan oluşan bir karışım olabilmektedir. Nanoemülsiyon, yaklaşık 10 nm ila 1000 nm arasında küçük bir boyuta veya damlacık boyutuna sahiptir. Bu küçük boyutu nanoemülsiyona daha fazla stabilite kazandırır ve bu da ürünün raf ömrünü uzatmaktadır. Nanoemülsiyonlar; farmasötik, kozmetik, teşhis, ilaç tedavileri ve biyoteknolojiler için uzun vadede kullanılabilecek umut verici teknoloji olarak görülmektedir (Aboofazeli, 2010). Nanoemülsiyon uygulamaları insan hücrelerinde toksikolojik ve tahriş edici bir zarara sebep olmadığı için terapötik amaçlarla da kullanılmaktadır. Yağ içinde su nanoemülsiyonu; makyaj temizleyici, cilt serumları, yaşlanma karşıtı kremler, güneş koruyucuları ve diğer su bazlı ürünlerde kullanılmaktadır (Aziz vd., 2019).

1.7. Hidrojeller

Hidrojel; sentetik veya doğal polimer zincirlerinden oluşan hidrofilik bir bileşik olarak bilinmektedir. Hidrojeller, kendileri çözünmeden büyük miktarlarda suyu emebilen ve bu özellikleri sayesinde ciltteki tahrişi en aza indiren maddelerdir (Kumar & Jaswal, 2021)). Hidrojellerin suyu emme yeteneği, polimerik omurgaya bağlı hidrofilik fonksiyonel gruplardan kaynaklanırken, çözünmeye karşı dirençleri ağ zincirleri arasındaki çapraz bağlardan kaynaklanmaktadır. Hem doğal olarak oluşan hem de sentetik birçok malzeme hidrojel tanımına uygundur (Ahmed, 2015). 20.yüzyılın ikinci yarısında keşfedilen ve hijyenik ürünler, tarım, ilaç dağıtım sistemleri, sızdırmazlık, farmasötikler, biyomedikal uygulamalar, yara, pansuman vb. gibi alanlarda geniş kullanım olanağı bulmuştur (Singh, 2010; Saxena, 2010; Hamidi vd., 2008; Kashyap vd., 2005; Kaihara vd., 2008; Stamatialis vd., 2008; Van der Linden vd., 2003; Sikareepaisan vd., 2011).

1.8. Bucky Küresi (Buckminsterfullerene) C60

Bucky Küresi; altmış karbon atomunun tek ve çift bağlarla bağlanarak meydana getirdiği üç boyutlu jeodezik yapıdır. Buckminsterfullerene, C60, yaklaşık 1nm'lik boyutu ile ikonik bir nanomalzemedir (Raj vd., 2012). Fullerenler kozmetik alanında pek çok noktada kullanılmaktadır. Cilt problemlerinin çoğuna sebep olan reaktif radikal türler, ultraviyole ışınlarla maruz kaldığında kırışık oluşumu, cilt tahrişi ve çillerden sorumlu olan melanin üretimine neden olmaktadır. Bu radikalleri detoksifiye etmek için C ve E vitamini gibi bazı antioksidanlar kullanılmaktadır. Bunun yerine, güçlü antioksidatif güce sahip fullerenlerin deri üstünden uygulanmasıyla bu sorunların benzer şekilde hafifletilebileceği ileri sürülmektedir (Zhou, 2013).

1.9. Niozomlar

Niozomlar; biyolojik olarak parçalanabilen, toksik olmayan, daha kararlı ve ucuz, iyonik olmayan yüzey aktif maddelerden oluşan veziküllerdir (Kazi vd., 2010). Gelişmiş cilt penetrasyonu, ilaçların stabilitesi ve zayıf emilim içeriklerinde daha iyi biyoyararlanım, niozomu kozmetik endüstrisi için ideal bir seçim haline getirmektedir. Bununla birlikte, niozomlardaki yüzey aktif maddenin kimyasal kararlılığı, ortam koşullarında saklanabilmesi ve düşük maliyetli üretimi lipozomlara göre niozomların tercih edilebilirliğini artırmaktadır (Tripathi vd., 2012).

1.10. Gümüş Nano ve Altın Nano Partiküller

Gümüş nano ve altın nano partiküller, geniş yüzey alanı ve yüksek elektron iletkenliği nedeniyle biyomedikal ve biyoteknoloji sektöründe kullanılmaktadır. Altın nanopartiküllerin boyutu 5 nm ile 400 nm arasında; gümüş nanopartiküllerin boyutları ise 1 nm ile 100 nm arasında değişmektedir. Bu nanopartiküller güçlü antifungal ve antibakteriyel özelliklere sahiptir. Bu nedenle yüz maskeleri, deodorantlar, yaşlanma önleyici kremler gibi kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır. Küçük boyut özellikleri, kararlılıkları, sitotoksik olmamaları çok farklı alanlarda uygulanabilirliklerini kolaylaştırmaktadır (Alaqaad & Saleh, 2016). Gümüş, altın ve platin gibi nanopartiküller kozmetikte hücre geliştirme, iyileştirme ve kanser tedavisi gibi uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Yupapin & Suwande, 2016).

1.11. Transferezomlar

Transferezomlar, fosfolipidler ve çekirdek içeren çift lipid tabakasından oluşan, transdermal uygulamalar için ultra deforme olabilen veziküllerdir. Aktif maddenin lipofilikliğine bağlı olarak, çekirdek içinde veya çift lipid tabakası arasında kapsüllenebilir formdadır. Lipozomlarla karşılaştırıldığında, transferezomlar, topikal uygulamadan sonra cildin bozulmamış daha derin bölgelerine ulaşabilir ve daha yüksek

konsantrasyonlarda onları transdermal uygulamalar için başarılı bir ilaç taşıyıcısı yapmaktadır. Çoğu transferozom, hücre zarının en bol bulunan lipid bileşeni olduğu için fosfatidilkolin (C18) içerir ve bu nedenle cilt için oldukça tolere edilir ve aşırı duyarlı reaksiyonlar gibi istenmeyen etkilerin riskini azaltır (Fernández-García vd., 2020).

1.12. Nanokapsüller

Nanokapsüller; ilacın, genin, proteinin ve yabancı hücrelerin korunması için vektörlerin hücrelere taşınmasını sağlayan moleküllerdir (Meier, 2000; Reinhold, 2007). Küre şeklindedirler; ilaçlar içi boş merkeze yerleştirilir ve polimerik bir zar ile kaplanır (Tiarks vd, 2001). Boyutları 50 ila 300 nm arasında değişmektedir. Nanokapsüller yardımıyla hem hidrofilik hem de lipofilik ilaçlar verilebilir (Jiang vd., 2006). Nanokapsüller, ilaçların kontrollü salımı ve hedefe özel iletimi nedeniyle ilaç dağıtım sistemlerinde büyük ilgi görmektedir. Nanokapsüller, peptitlere, hormonlara, proteinlere, enzimlere, ilaçlara, metabolitlere veya raportör moleküllere biyolojik ve kimyasal bozulmaya karşı koruyucu bir ortam sağlama potansiyeline sahiptir. Ayrıca bölgeye özgüllük ve dahil edilen ilaçların yavaş ve sürekli salınımını da sergilerler. Bu, potansiyel olarak ilaçların stabilitesini ve biyoyararlanımını artırmaktadır (Pathak vd., 2019).

1.13. Nanoyapılı lipid taşıyıcılar

Nanoyapılı lipid taşıyıcı, bir tür lipid bazlı ilaç dağıtım sistemi olan katı-lipid nanopartikülün geliştirilmiş versiyonudur. Nanoyapılı lipid taşıyıcı, katı-lipid nanopartikülün aksine, ilaç yükleme kapasitesini artırmak ve ilk ilaç patlaması salınımını önlemek için katı ve sıvı lipiddan oluşur (Muller vd., 2002, Muller vd., 2005; Muller vd., 2011). Son yıllarda, Nanoyapılı lipid taşıyıcı, çeşitli uygulama yolları kullanılarak hedeflenen bölgelere ilaç dağıtım taşıyıcıları olarak kullanılmıştır. Örneğin, topikal dağıtım için Nanoyapılı lipid taşıyıcı kozmetik ve dermatolojik tedavilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Pardeike vd., 2009; Zsikó vd., 2019).

1.14. Etozomlar

Etozomlar; etanol, fosfolipidler ve sudan oluşan yeni lipid taşıyıcılar olarak geliştirilmiştir. Etozomlar, yüksek oranda etanol (%20-45) içeren fosfolipid bazlı elastik nanoveziküllerdir. Etanol, etkili bir geçirgenlik artırıcı olarak bilinir ve etanolün yüksek konsantrasyonu ciltteki çift katmanlı lipid tabakasını bozmaktadır (Verma & Pathak, 2010). Etozomların, molekülleri deriye ve deri yoluyla sistemik dolaşıma vermede etkili olduğu bildirilmiştir. Antiviral ilaç asilovirin etozomal taşıyıcı sistem ile deri üzerinden uygulanmıştır. Klinik çalışmada enfeksiyonun topikal tedavisi için asilovir kremine (Zovirax, ZC) kıyasla etozomal asilovir sisteminin etkinliğinin daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (Essa vd., 2003).

2. Referanslar

- Aboofazeli, R. (2010). Nanometric-scaled emulsions (nanoemulsions). Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR, 9(4), 325.
- Ahmed, E. M. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. Journal of advanced research, 6(2), 105-121.
- Alaqad, K., & Saleh, T. A. (2016). Gold and silver nanoparticles: synthesis methods, characterization routes and applications towards drugs. J. Environ. Anal. Toxicol, 6(4), 525-2161.
- Aziz, Z. A. A., Mohd-Nasir, H., Ahmad, A., Peng, W. L., Chuo, S. C., Khatoon, A., ... & Mohamad Ibrahim, M. N. (2019). Role of nanotechnology for design and development of cosmeceutical: application in makeup and skin care. Frontiers in chemistry, 7, 739.
- Brunner, E. (1904). Reaktionsgeschwindigkeit in heterogenen Systemen. Zeitschrift für physikalische Chemie, 47(1), 56-102.
- Desai, P., Patlolla, R. R., & Singh, M. (2010). Interaction of nanoparticles and cell-penetrating peptides with skin for transdermal drug delivery. Molecular membrane biology, 27(7), 247-259.
- Dhapte-Pawar, V., Kadam, S., Saptarsi, S., & Kenjale, P. P. (2020). Nanocosmeceuticals: facets and aspects. Future Science OA, 6(10), FSO613.
- Essa, E. A., Bonner, M. C., & Barry, B. W. (2003). Electroporation and ultradeformable liposomes; human skin barrier repair by phospholipid. Journal of controlled release, 92(1-2), 163-172.
- Fernández-García, R., Lalatsa, A., Statts, L., Bolás-Fernández, F., Ballesteros, M. P., & Serrano, D. R. (2020). Transferosomes as nanocarriers for drugs across the skin: Quality by design from lab to industrial scale. International journal of pharmaceutics, 573, 118817.
- Gök Metin, Z., & Özdemir, L. (2015). Nanoteknolojinin Sağlık Alanında Kullanımı ve Hemşirenin Sorumlulukları. Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 18(3), 235-244.
- Gökçe, E.H., Özer, Ö., (2016). Dermakozmetik/Kozmesötik Ürünlerde Kullanılan Yeni taşıyıcı sistemler. 'Dermakozmetik Kozmesötik Madde ve Ürünler' içinde (Editör: Y. Yazan). Kozmetik Araştırmacıları Derneği Yayını 3, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, 2016, 77-91.

- Gupta, S., Bansal, R., Gupta, S., Jindal, N., & Jindal, A. (2013). Nanocarriers and nanoparticles for skin care and dermatological treatments. *Indian dermatology online journal*, 4(4), 267.
- Hameed, A., Fatima, G. R., Malik, K., Muqadas, A., & Fazal-ur-Rehman, M. (2019). Scope of nanotechnology in cosmetics: dermatology and skin care products. *Journal of Medicinal and Chemical Sciences*, 2(1), 9-16.
- Hamidi, M., Azadi, A., & Rafiei, P. (2008). Hydrogel nanoparticles in drug delivery. *Advanced drug delivery reviews*, 60(15), 1638-1649
- Holmes, A. M., Scurr, D. J., Heylings, J. R., Wan, K. W., & Moss, G. P. (2017). Dendrimer pre-treatment enhances the skin permeation of chlorhexidine digluconate: Characterisation by in vitro percutaneous absorption studies and Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 104, 90-101.
- Jiang, B., Hu, L., Gao, C., & Shen, J. (2006). Crosslinked polysaccharide nanocapsules: preparation and drug release properties. *Acta Biomaterialia*, 2(1), 9-18.
- Kaihara, S., Matsumura, S., & Fisher, J. P. (2008). Synthesis and characterization of cyclic acetal based degradable hydrogels. *European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics*, 68(1), 67-73.
- Kaul, S., Gulati, N., Verma, D., Mukherjee, S., & Nagaich, U. (2018). Role of nanotechnology in cosmeceuticals: a review of recent advances. *Journal of pharmaceutics*, 2018,1-19pp.
- Kashyap, N. K. M. R. K. N., Kumar, N., & Kumar, M. R. (2005). Hydrogels for pharmaceutical and biomedical applications. *Critical Reviews™ in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 22(2).
- Kazi, K. M., Mandal, A. S., Biswas, N., Guha, A., Chatterjee, S., Behera, M., & Kuotsu, K. (2010). Niosome: a future of targeted drug delivery systems. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, 1(4), 374.
- Kumar, J., & Jaswal, S. (2021). Role of nanotechnology in the world of cosmetology: A review. *Materials Today: Proceedings*.
- Lohani, A., Verma, A., Joshi, H., Yadav, N., & Karki, N. (2014). Nanotechnology-based cosmeceuticals. *International Scholarly Research Notices*, 2014.

- Meier, W. (2000). Polymer nanocapsules. *Chemical Society Reviews*, 29(5), 295-303.
- Müller, R. H., Radtke, M., & Wissing, S. A. (2002). Nanostructured lipid matrices for improved microencapsulation of drugs. *International journal of pharmaceutics*, 242(1-2), 121-128.
- Muller, R. H., Radtke, M., & Souto, E. B. (2005). Nanostructured lipid carriers: A novel generation of solid lipid carriers. *Pharm Technol Eur*, 17, 45-50.
- Muller, R. H., Shegokar, R., & M Keck, C. (2011). 20 years of lipid nanoparticles (SLN & NLC): present state of development & industrial applications. *Current drug discovery technologies*, 8(3), 207-227.
- Nagalingam, A. (2017). Drug delivery aspects of herbal medicines. *Jpn Kampō Med Treat Common Dis Focus Inflammation*, 17, 143.
- Niemiec, S. M., Ramachandran, C., & Weiner, N. (1995). Influence of nonionic liposomal composition on topical delivery of peptide drugs into pilosebaceous units: an in vivo study using the hamster ear model. *Pharmaceutical research*, 12(8), 1184-1188.
- Pardeike, J., Hommoss, A., & Müller, R. H. (2009). Lipid nanoparticles (SLN, NLC) in cosmetic and pharmaceutical dermal products. *International journal of pharmaceutics*, 366(1-2), 170-184.
- Pathak, C., Vaidya, F. U., & Pandey, S. M. (2019). Mechanism for development of nanobased drug delivery system. *Applications of Targeted Nano Drugs and Delivery Systems*, 35-67.
- Paudel, K. S., Milewski, M., Swadley, C. L., Brogden, N. K., Ghosh, P., & Stinchcomb, A. L. (2010). Challenges and opportunities in dermal/transdermal delivery. *Therapeutic delivery*, 1(1), 109-131.
- Rahimpour, Y., & Hamishehkar, H. (2012). Liposomes in cosmeceutics. *Expert opinion on drug delivery*, 9(4), 443-455.
- Raj, S., Jose, S., Sumod, U. S., & Sabitha, M. (2012). Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 4(3), 186.
- Reinhold, C., 2007. Smart tailoring of nanocapsules: nanostructured materials. *Nano Today*, 2 (2), 1–13.
- Santos, J. S. (2020). Nanocosmetics: Production, Characterization, and Performance Improvement. In *Beauty-Cosmetic Science, Cultural Issues and Creative Developments*. IntechOpen.

- Saxena, A. K. (2010). Synthetic biodegradable hydrogel (PleuraSeal) sealant for sealing of lung tissue after thoracoscopic resection. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 139(2), 496-497
- Shukla, R., Handa, M., Vasdev, N., Singh, D. P., & Kesharwani, P. (2021). Nanomedicine in pain management. In *Theory and Applications of Nonparenteral Nanomedicines* (pp. 355-382). Academic Press.
- Sikareepaisan, P., Ruktanonchai, U., & Supaphol, P. (2011). Preparation and characterization of asiaticoside-loaded alginate films and their potential for use as effectual wound dressings. *Carbohydrate Polymers*, 83(4), 1457-1469.
- Singh, A., Sharma, P. K., Garg, V. K., & Garg, G. (2010). Hydrogels: a review. *Int J Pharm Sci Rev Res*, 4(2), 97-105.
- Singh, T. G., & Sharma, N. (2016). Nanobiomaterials in cosmetics: current status and future prospects. In *Nanobiomaterials in Galenic Formulations and Cosmetics* (pp. 149-174). William Andrew Publishing.
- Srinivas, K. (2016). The current role of nanomaterials in cosmetics. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(5), 906-914.
- Stamatialis, D. F., Papenburg, B. J., Gironés, M., Saiful, S., Bettahalli, S. N., Schmitmeier, S., & Wessling, M. (2008). Medical applications of membranes: Drug delivery, artificial organs and tissue engineering. *Journal of Membrane Science*, 308(1-2), 1-34.
- Tiarks, F., Landfester, K., & Antonietti, M. (2001). Preparation of polymeric nanocapsules by miniemulsion polymerization. *Langmuir*, 17(3), 908-918.
- Tripathi, P. K., Choudary, S. K., Srivastva, A., Singh, D. P., & Chandra, V. (2012). Niosomes: an study on Noval drug delivery system-A review. *Inter. J. Pharmac. Res. Develop*, 3, 100-106.
- Weiss, R. F., & Fintelmann, V. (2000). *Herbal medicine* 2 nd ed. Theme Publication, 251, 91.
- Xiao, Y. L., & Li, B. (2002). Drug-loaded nanoparticle and TCM modernization. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 33(5), 385-388.
- Yupapin, P., & Suwandee, P. (2016). Nano-particles for cosmetic use: particle sizing, cytotoxicity test, and facial gesture monitoring model. *J. Cosmetol. Trichol*, 2, 2-5.

- Van der Linden, H. J., Herber, S., Olthuis, W., & Bergveld, P. (2003). Patterned dual pH responsive core shell hydrogels with controllable swelling kinetics and volume. *Analyst*, 128, 325-31.
- Verma, P., & Pathak, K. (2010). Therapeutic and cosmeceutical potential of ethosomes: An overview. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, 1(3), 274.
- Verma, A., Jain, A., Hurkat, P., & Jain, S. K. (2016). Transfollicular drug delivery: current perspectives. *Research and Reports in Transdermal Drug Delivery*, 5, 1.
- Zhang, Z., Tsai, P. C., Ramezanli, T., & Michniak-Kohn, B. B. (2013). Polymeric nanoparticles-based topical delivery systems for the treatment of dermatological diseases. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 5(3), 205-218.
- Zhou, Z. (2013). Liposome formulation of fullerene-based molecular diagnostic and therapeutic agents. *Pharmaceutics*, 5(4), 525-541.
- Zsikó, S., Cutcher, K., Kovács, A., Budai-Szűcs, M., Gácsi, A., Baki, G., ... & Berkó, S. (2019). Nanostructured lipid carrier gel for the dermal application of lidocaine: comparison of skin penetration testing methods. *Pharmaceutics*, 11(7), 310.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 09



**Yeşil Tedarik Zincirinde Bulanık AHP Yaklaşımı İle
Sürdürülebilirlik Analizi
(Barış Kantoğlu, Serenay Satılmış)**

Yeşil Tedarik Zincirinde Bulanık AHP Yaklaşımı İle Sürdürülebilirlik Analizi

Barış Kantoğlu¹, Serenay Satılmış²

¹*Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü,
E-mail:bariskantoglu@duzce.edu.tr*

²*Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü,
E-mail:serenaystlm@gmail.com*

1. Giriş

Sürdürülebilirlik, işletmelerin rekabet avantajı yaratmasının yanında çevre sorunlarına karşı duyarlı olunması açısından da önemli bir konu haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'na göre "Bugünün fertlerinin ihtiyaçlarının ilerideki soyların ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini ödün vermeden karşılanabilmesi" olarak ifade edilmektedir[1]. Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak John Elkington sayesinde üç boyutlu olarak incelenmiştir. Bunlar; ekonomik, çevresel, sosyal olmak üzere üç boyutla belirlenmiştir. Ekonomik sürecin ilerleyişi çevresel faktörler üzerinde de oldukça etkilidir. Sosyal faktörler ise gelecek nesillere aktarılan değerler olan eşitlik, özgürlükler, gelir dağılımı, adalet, sağlık değerleri olarak sayılmaktadır. Günümüz tedarik zincirinin tek amacı, bitmiş ürünleri müşteriye teslim etmek değil ayrıca tedarik zinciri sürecini iyileştirmek ve ürünün süreç içerisinde kalitesini artırmaktır. Bundan dolayı işletmeler son zamanlarda tedarik zincirinde sürdürülebilirlik ile yönetilmektedir [2].

İşletmeler sürdürülebilirliğe dair kendilerine ait hedef ve amaçlarını belirlemelidir. İşletmelerde sürdürülebilirliğin rekabet, risk, yenilik veya pazarlama gibi alanlarla ilişkilendirildiği bilinmektedir. Bundan dolayı işletmelerin rekabet avantajı elde etmelerinde, sürdürülebilirliğin önemi anlaşılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yeşil tedarik zincirinde sistemin sürdürülebilirlik açısından değerlendirip işletmelerin gelecek planlarında rekabet avantajı oluşturmada dikkat edilmesi gerekenleri belirlemektir. Yapılan çalışmalar sonucunda şirketlerde sürdürülebilirlik kavramı belirlenen kriterler doğrultusunda değerlendirilmiş ve, kriterler önem sırasına göre sıralanmıştır. Çalışmada, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak, şirket bakış açısıyla sürdürülebilirliğin sağlanması için gerekli kriterler belirlenmiştir.

1.1. Yeşil Tedarik Zinciri

Küreselleşen Dünya’da firmaları sadece kendi iç organizasyonu ile değerlendirmek mümkün değildir. Firmalar bulundukları sistem ile koordineli olarak çalışmalıdır. Yapacakları çalışmalar müşteriler, tedarikçiler veya rakip firmalar göz önünde bulundurularak uygulanmalıdır. Gelişen teknoloji ile birlikte, şirketlerin devamlılığı için lojistik kavramı zorunlu hale gelmiştir. Lojistik anlayışının bu şekilde önemli olması farklı çalışmalarını da beraberinde getirmiştir. Tedarik zinciri türleri yeşil tedarik zinciri, çevik tedarik zinciri, yalın tedarik zinciri, insani tedarik zinciri ve sürdürülebilir tedarik zinciri olarak beş farklı bölüm olarak incelenmiştir. Bu zincirde bulunan her türlü hammadde ve hizmetin üretimini en verimli şekilde yapmak esastır [3]. Son dönemlerde yeşil yönetim kavramı, işletmelerde söz edilir hale gelmiştir. Çalışmada yeşil tedarik zinciri üzerinde durulmuştur. Bu kavram geleneksel tedarik zincirini farklı şekilde benimsemiş ve değerlendirmiştir. Geleneksel tedarik zincirinden farklı olarak kendi içerisinde yeşil kavramı ile bütünleşmiştir. Yeşil tedarik zinciri, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım ve yeşil paketleme faaliyetlerini içermektedir. Bu faaliyetler aşağıda açıklanmıştır.

Yeşil satın alma eylemi, uygulamadaki etkili faaliyetlerinden biridir [4]. Yeşil satın alma kısaca tekrardan sarf edilebilir veya tahvil edilebilir ürünleri üretim için temin etmektir [5]. Tedarikçi şirketin rakiplerinden daha çevreye çok hada duyarlı olabilmesi için çok önemli basamaklardan biridir. Ayrıca tedarikçilerin iç yönetimde de çevreye duyarlı olması önemlidir. Yeşil üretimde yapılacak her çalışmanın çevreye etkisi olacağını bilerek çalışmalar uygulanmalıdır. Yeşil üretimin amacı, üretimin tasarlanması sürecinden başlayarak paketlenmesine kadar tüm sürecin çevreye en az zararı verecek şekilde uygulanması, takip edilmesi ve planlamasıdır. Yeşil üretim tekniklerinde bir diğer önemli nokta enerji ve insan gücünü etkin ve verimli bir şekilde kullanmaktır. Yeşil dağıtım noktalarının belirlenmesi, dağıtım sırasında kullanılacak malzemelerin çevreyle uyumlu olması, kullanılacak taşıma türünün belirlenmesi ve dağıtım yöntemleri, lojistik kanallarını etkilemektedir. [6]. Çevreye duyarlı bir paketleme işlemi yapılabilmesi için paketin boyutu, şekli, paketleme sırasında kullanılan malzemenin çevreye etkisi incelenmelidir.

1.2. Sürdürülebilirlik

Tedarik zincirinde çevresel sorunların ön plana çıkması ile birlikte toplumsal farkındalık oluşmuş ve sürdürülebilirlik kavramı ön plana çıkmıştır. Sürdürülebilir tedarik zinciri sürecinde, ekonomik, çevresel ve sosyal amaçlar ile birlikte hammadde, veri ve varlık ilerleyişini devam ettirmek ve tedarikçilerden müşterilere kadar tüm paydaşların isteklerinin karşılanması önem arz etmektedir [7]. Sürdürülebilir tedarik zincirinde,

firmalar tedarikçileriyle koordineli şekilde doğaya zarar vermeyen hammaddelerin tüketimi, karbon ayak izinin olabildiğince az seviyeye getirilmesi, atık denetimi faaliyetleriyle kirliliğin iyileştirilmesi, geri dönüşüm fırsatları gibi çalışmaların devamlılığı mevzularında tartışmaları gerekmektedir[8].

1.3. Literatür Araştırması

Literatürde sürdürülebilirlik ve yeşil tedarik zinciri üzerine son zamanlarda yapılan birçok araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmaların bir kısmı genel konular üzerine iken [9, 10] diğerleri belirli alanlarda odaklanmıştır. Yeşil tedarik zinciri üzerine yapılan çalışmalar çoğunlukla tedarik zinciri seçimi, yeni uygulamalar ve bu uygulamaların performans analizi üzerine yapılmıştır. Zhu, Sarkis ve Geng 'in çalışmalarında hedef, Çin üretim firmaları arasında yeşil tedarik zinciri yönetimi idarecileri, çalışmalar ve performansını belirtmektedir. Çin 'de bulunan şirketler birçok nedenden dolayı yeşil tedarik zincirine geçmeyi avantajlı bulmuşlardır [11]. Jabbour vd.(2013), çalışmasında temel hedef, yeşil tedarik zinciri yönetimi çalışmalarının tesahup edilmesini nedenleri belirleyip, çözümlemektedir. Yapılan çalışmada Brezilya'da bulunan 100 elektronik firmasından edinilen bilgilerden yararlanılmıştır. Araştırmalar sayesinde, firmanın çalışmalarının globalliğine göre yeşil tedarik zinciri yönetimi çalışmalarının pozitif korelasyon ilişkisinde olduğunu göstermiştir [12]. Chung vd., (2013), ANP ve IPA (Önem Performans Analizi) metodlarını, yeşil tedarik zincirlerinde sürdürülebilir yönetime varmak amacıyla kullanmıştır. On bir kriterin ağırlığı ANP birlikte bulmuş ve analiz etmek için IPA yöntemine başvurmuştur [13]. Kafa vd.,(2016) çalışmalarında amaç, yeşil tedarik zinciri yönetiminin sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek için bir model önermektir. Performans için temel göstergelerin belirlenmesinde literatürden yardım alınmıştır [14].

Büyüközkan (2012), çevresel performans kıstaslarını önemli tutarak tedarikçi performansının yorumlanması amacıyla karar modeli önermiştir. BAHF yorumlama ölçütlerinin göreceli ağırlıklarını belirlenmesinde kullanılmıştır. Ayrıca Aksiyomatik Tabanlı Tasarım bulanık grup karar verme düşüncesi yeşil tedarikçileri önceliklendirme için kullanılmıştır. Tavsiye edilen model bir Türk firmasında uygulanmıştır [15].

Govindan ve Sivakumar (2016), yeşil tedarik zinciri için çevresel kriterleri belirlemiş ve kâğıt sektöründe bir şirket için karbon emisyonunun azaltılması üzerine çalışma yapmışlardır. Bulanık TOPSIS yöntemi ile potansiyel tedarikçiler seçilmiş, çok amaçlı doğrusal programlama ile sipariş dağıtımı yapılmıştır. Geri dönüşüm kullanılmasıyla birlikte şirkette karbon emisyonu %26,2 azalma gözlenmiştir [16]. Şişman (2018), TOPSIS methodologyyla birlikte sürdürülebilir tedarik zinciri sürecinin performansını

değerlendirmiştir. Uzman değerlendirmeleri alarak ve literatür araştırması sayesinde ekonomik, çevresel, sosyal ve sürdürülebilir kriterler saptanmıştır. Sonuçta ise tedarik zinciri çalışmaların verimli olması amacıyla “üretim sistemi tasarımı” ve “su yönetimi” ölçütleri sıralama sayesinde çalışmanın öncelikli kriterler olarak belirlenmiştir [17].

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada yeşil tedarik zinciri bulunan şirketler sürdürülebilirlik çalışmalarında etkili olan kriterlerin önem sırasına göre sıralanması hedeflenmiştir. Çalışma sürecinde kriterler literatür araştırması sayesinde saptanmıştır. Saptanan bu ölçütlerin önem dereceleri işletme için eşit olmadığından dolayı, kriterler arasında ağırlıklandırma yapılması kararı alınmıştır. Kriterlere verilecek ağırlıklar ise uzman görüşlerinin dilsel değerlendirmeleri ışığında oluşturulmuştur. Dolayısı ile BAHF yönetimi kullanılarak kriterler arasında derecelendirme yapılmış ve dilsel değerler sayısal değerlere çevirerek değerlendirme sonuçları belirlenmiştir.

İnsanların günlük hayattaki problemleri veya sorunlarının çözümlerinde çoğunlukla somut değerlerin yanında soyut değerler de etki olmaktadır. Bu durum belirsizliği ortaya çıkarmaktadır. Belirsiz ortamda çözüm için farklı model ve metotlar bulunmaktadır. Bulanık AHP’de kriter ağırlıkları belli bir aralıkta olmasıyla birlikte kararlar daha kolay verilebilmektedir. AHP yöntemi belirsiz durumlarda karar vermeye yatkın olmamasından dolayı bulanık mantık ile birleştirilmiştir.

Çalışmanın sürecinde kriterler ve alt kriterlerin öznel ağırlıklarını bulmak için uzman görüşleri yardımı ile dilsel değerler kullanılmıştır. Uzmanlara sorulan sorulara verilen cevaplar sayesinde ikili karşılaştırma matrisleri belirlenmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıyla görüşleri alınan uzmanların verileri geometrik ortalama sayesinde birleştirilmiştir. Çalışmanın sonunda ise en önemli değerlendirme kriterini bulmak için bulanık değerlendirme ile sıralama yapılmıştır. Çalışmada belirlenen kriterlerin uzmanlar tarafından değerlendirilmesi sırasında verilen sözlü cevaplar, Tablo 1’de verilen bulanık ölçeklere göre değerlendirilmiştir [18]. Ölçek değerlerinden faydalanarak uzmanlara ikili karşılaştırma yapmaları amacıyla sorular sorulmuştur. Literatür araştırması sayesinde çok tercih edilen ölçek çeşidi bulanık üçgensel sayılardan oluşan Tablo 1’de verilen ölçek olarak görülmektedir [18, 19, 20].

Tablo 1: Bulanık Analitik Hiyerarşik Süreci Önem Ölçeği

Açıklama	Önem Derecesi	Önem Derecesi Eşleniği
Eşit Derece Önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
Daha Önemli	$(\frac{2}{3}, 1, \frac{3}{2})$	$(\frac{2}{3}, 1, \frac{3}{2})$
Çok Daha Önemli	$(\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2})$	$(\frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3})$
Çok Fazla Önemli	$(\frac{5}{2}, 3, \frac{7}{2})$	$(\frac{2}{7}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5})$
Kesin Önemli	$(\frac{7}{2}, 4, \frac{9}{2})$	$(\frac{2}{9}, \frac{1}{4}, \frac{2}{7})$

Karar verici kararını verebilmesi için kesin değerlere ihtiyaç duymaktadır. Bundan dolayı bulanık sayılarda durulaştırma işlemi oldukça yaygın kullanılmaktadır. Literatür taraması sonucunda birçok uygulama görülmüştür.

Çalışmada Kwong ve Bai, üçgensel bulanık sayıların verilen formül ile birlikte durulaştırılabileceğini ifade etmişlerdir [20]. Bir üçgensel bulanık sayı $M = (l, m, u)$ şeklinde verildiğinde durulaştırma yöntemi;

$$M_d = \frac{l+4.m+u}{6} \quad (1)$$

sayesinde uygulanmaktadır.

Tutarlılık, ikili karşılaştırma sonrasında değerlerin veya önceliklerin aralarındaki matematiksel ilişki olarak ifade edilir [21]. İkili karşılaştırma matrisi oluşturduktan sonra, göreceli önem vektörü bulunur ve bu değerlerin tutarlılık oranı hesaplanmaktadır.

Öncelikle ikili karşılaştırma matrisi ile göreceli önem vektörü çarpılır ve yeni vektör belirlenir. Üçüncü vektörün elemanları toplanır ve bulunan eleman sayısına bölüldüğünde çıkan sonuç en büyük öz değer λ_{max} olarak ifade edilir. Bu λ_{max} değeri n ifadesine yakınlığına göre tutarlılığın arttığı söylenebilir [22].

λ_{max} bulunduktan son ise tutarlılık oranı bulunmaktadır. Tutarlılık oranı ise tutarlılık göstergesinin, tesadüfîlik göstergesine bölünmesiyle elde edilir. Çıkan sonuç 0,10'dan küçükse uygulanan süreçlerin tutarlı olduğu ifade edilebilir.

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

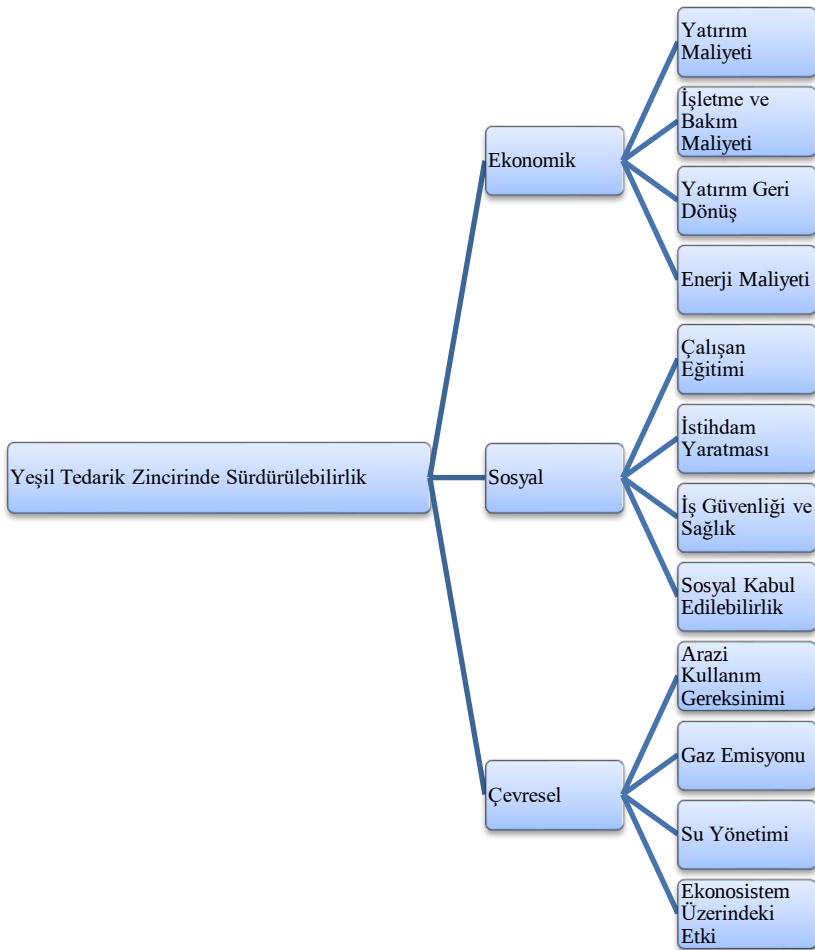
$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi}}{\text{Tesadüfilik Göstergesi}} \quad (3)$$

Tesadüfilik göstergesi, aşağıda Tablo 2’de ifade edildiği şekilde hesaplanmıştır [7].

Tablo 1: Tesadüfilik Göstergesi

Matris Boyutu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tesadüfilik Göstergesi	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Tutarlılık oranının 0,10’dan daha büyük olduğu sonucuna ulaşılır ise yapılan çalışma tekrardan gözden geçirilir.



Şekil 1: Önerilen Yeşil Tedarik Zincirinde Sürdürülebilirlik Modeli

Çalışma için ele alınan Bulanık Analitik Hiyerarşi Projesi'nde model kurulması aşamasında öncelikli hedef, amacın belirlenmesidir. Çalışmada önerilen modelin amacı, Yeşil tedarik zincirinde, sürdürülebilirlik çalışmalarında en etkin kriterin tespit edilmesidir. Kriterlerin belirlenmesi aşamasında kurum, kuruluş, uzman görüşü, bilim adamlarının çalışmaları ya da literatürde yapılan çalışmalardan faydalanılabilir. Çalışmada yeşil tedarik zinciri sürdürülebilirlik kriterleri belirlenirken literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. İncelenme sonucunda elde edilen bilgiler ışığında ana kriterler, ayrıca her ana kriterin altında bulunan alt kriterler kararlaştırılmıştır. Kriterlerin belirlenmesi aşamasından sonra BAHF yönteminin hiyerarşik yapısı kurulmuş olmaktadır. Ana ve alt kriterlerin belirlenmesinden sonra ağırlıkların belirlenmesi yolunda bir model oluşturulmuştur. Bu amaçla üç ana kriter (Ekonomik, Sosyal ve Çevresel) ve alt kriterlerle ilgili literatür araştırması yapılarak Şekil 1.'deki model önerilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılması ve en etkili kriterin bulunması için çok kriterli karar verme metotları arasında bulunan BAHF metodu kullanılmıştır. İşletmenin uzmanlarıyla görüşme yapılması sonucunda elde edilen karşılaştırma değerlerinin ikili karşılaştırma matrisine dönüştürülmesi gerekmektedir. Öncelikli hedef karar vericiler arasında karşılaştırma matrisleri oluşturmaktır. Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra dilsel ifadeler sayısal ifadelere çevrilerek işlenebilir hale getirilmelidir. Literatür araştırması sonucunda en çok kullanılan yöntemin Chang tarafından önerilen genişletilmiş analiz yöntemi olduğu belirlenmiştir [18]. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda tutarlılık hesaplaması mümkün olmaması nedeniyle çalışmaya diğer önemli metotlardan biri olan Liou ve Wang yaklaşımı ile devam edilmiştir. Bulanık AHP neticesinde toplam ağırlık vektöründe bazen kriterlerin ağırlıkları sıfır olmaktadır. Bundan dolayı Güngör'ün çalışmasından yararlanarak tutarlılık indeksi hesaplanırken ilk olarak durulaştırma işlemi yapılmış ikili karşılaştırma matrisinin ağırlık vektörü ile çarpılarak elde edilir [23]. Son olarak ise yapılan bu işlem sayesinde bulunan değerin ağırlık vektörüne bölünmesi ile sonuç elde edilir. Yapılan her işlem vektör çarpımı ile tek tek yapılmaktadır. Ancak bazen ağırlık vektörünün sıfır olmasıyla birlikte değer sıfıra bölünmektedir. Bu durumda ise matematikte tanımsızlık ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayıdır ki literatür incelemesi sonucunda genişletilmiş analiz yönteminin fazla kullanılmasına rağmen çalışmada uygulanmamıştır. Çalışma bulanık duruma genişletmenin kolay olması ve tek bir sonucu garantili olarak elde etmesinden dolayı Liou ve Wang yaklaşımı olan metot ile sonuçlandırılmıştır. Söz konusu yaklaşımda, model sıralama yöntemi içerisinde bulunan toplam entegral yöntemi ile uygulanmaktadır [23]. Metodun çalışma algoritması aşağıda gösterilmiştir:

$\alpha \in [0,1]$ İyimserlik indeksi olarak kabul edilirse;

$A = (m, n, u)$ Üçgensel bulanık sayısı şöyle yapılır:

$$I_t^a(A) = \frac{1}{2} \cdot a(n + u) + \frac{1}{2} (1 - a) \cdot (m + n) \quad (4)$$

Yukarıda iyimserlik indeksi şeklinde ifade edilen α , $[0,1]$ aralığında herhangi bir ölçüt almaktadır. α değeri büyüdükçe iyimser bir karar verici, küçüldükçe ise karamsar bir karar verici denilebilir.

Yapılan işlemler sonucunda ana kriterler ve alt kriterler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3: Ana Kriter ve Alt Kriter Ağırlıkları

YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Ekonomik	0,443	Yatırım Maliyeti	0,265
			İşletme ve Bakım Maliyeti	0,181
			Yatırım Geri Dönüş	0,265
			Enerji Maliyeti	0,289
	Sosyal	0,269	Çalışanların Eğitimi	0,207
			İstihdam Yaratması	0,175
			İş Güvenliği Ve Sağlığı	0,470
			Sosyal Kabul Edilebilirlik	0,148
	Çevresel	0,288	Arazi Kullanım Gereksinimi	0,158
			Gaz Emisyonu	0,255
			Su Yönetimi	0,334
			Ekosistem Üzerindeki Etki	0,253

Bulunan değerler üzerinden ana kriterlerin sıralaması Tablo 4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4: Ana Kriterlerin Sıralaması

SIRA	ANA KRİTERLER	SONUÇ
1	Ekonomik	0,443
2	Çevresel	0,288
3	Sosyal	0,269

Bulunan değerler üzerinden alt kriterlerin sıralaması Tablo 5'de gösterilmiştir. Yapılan çalışmanın Terzi ile benzerlik göstermektedir [24].

Tablo 5: Alt Kriterlerin Sıralaması

SIRA	ALT KRİTERLER	SONUÇ
1	İş Güvenliği ve Sağlığı	0,470
2	Su Yönetimi	0,334
3	Enerji Maliyeti	0,289
4	Yatırım Maliyeti	0,265
5	Yatırım Geri Dönüş	0,265
6	Gaz Emisyonu	0,255
7	Ekosistem Üzerindeki Etki	0,253
8	Çalışanların Eğitimi	0,207
9	İşletme ve Bakım Maliyeti	0,181
10	İstihdam Yaratması	0,175
11	Arazi Kullanım Gereksinimi	0,158
12	Sosyal Kabul Edilebilirlik	0,148

4. Sonuç

Bu çalışmada yeşil tedarik zincirinde sürdürülebilirlik çalışmaları ele alınarak bu etkili faktörler arasında ağırlıklandırma yapılmıştır. Yapılan ağırlıklandırma sonucunda Öztel'in TOPSIS ile yaptığı araştırmada olduğu gibi en önemli ana kriter “Ekonomik Kriterler” olarak belirlenmiştir [25]. Bunun yanı sıra yeşil tedarik zincirinde sürdürülebilirlik çalışmalarında etkisi az olduğu düşünülerek en az öneme sahip ana kriter ise “Sosyal Kriterler” olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca AHP yönteminin uygulanması ve alt kriterler arasından ağırlıklandırmanın yapılması sonucunda en fazla öneme sahip alt kriter sosyal kriterlerin ana kriterinin alt kriteri olan “İş Sağlığı ve Güvenliği” olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde sosyal kriterlerin tek önemli kriteri olarak da değerlendirilmiştir. Bununla birlikte tedarik zinciri yönetiminde en az öneme sahip alt kriter ise sosyal ana kriterinin alt kriteri olan “Sosyal Kabul Edilebilirlik” olduğu sonucuna varılmıştır.

Firmalar yapılacak her çalışmada sürdürülebilirlik değerlerini dengeli bir şekilde kullanmalıdır. Yapılacak çalışmalar sadece ekonomik faktörleri göz önünde bulundurmanın yanı sıra çevresel etkilerini, şirketlerin insanlarla olan iletişimini de en verimli şekilde kullanmasını gerektirir. Buna dayanarak yapılan çalışmada ortaya çıkan değerler düşüncüyü tam olarak yansıtmamaktadır. Ekonomik ve çevresel faktörler ne kadar dengeli olsa da

sosyal faktörlerin arka planda kaldığı sonucuna varılmıştır. Ancak bir kriter fazla önemli olmasından dolayı göz ardı edilememiştir.

Yapılan çalışmada en yüksek öneme sahip olan “İş Güvenliği ve Sağlığı”nın söz konusu işletmenin geleceğini tehdit etmemesi için işletme yöneticilerinin bazı önlemler alması gerekmektedir. Ülkemizde ve dünya çapında etkisini hala göstermekte olan COVID-19 pandemisi şirketlerin uzun süredir etkilendiği bir salgın hastalık olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu süreçte işçilerin yaşadığı sağlık sorunları ve üretiminin etkilenmesinin uzman kişileri de etkilediği görülmektedir. Bu nedenle işçilerin verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için tehlikeli etkenlerin kaldırılması düşüncesinin öneminin farkına varıldığı düşünülmektedir. Fabrikalarda yapılan hatalardan birisi de düşük riskler ile ilgili önlem almadıkları için işletme için pasif strateji geliştirmeleridir. Pasif strateji geliştirdikleri için iş faaliyetlerinin durması ya da aksaması söz konusu olmaktadır.

Çalışmada uzmanlar ile görüşülmüş ve elde edilen verilerle kriterler ağırlıklandırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada belirlenen kriterler başka işletmelere de uygulanabilir. Bunun yanı sıra gelecekte AHP yönteminden farklı olarak diğer çok kriterli karar verme yöntemleri de ele alınarak çalışmanın geliştirilmesi sağlanabilir ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanabilir.

5. Referanslar

- [1] General Assembly Restution 42/187, UN (United Nations) Report of the World Commission on Environment and Development, 1987. [Çevrimiçi].Available: http://www.un.org/documents/9a/res/42/ares42_187.htm . [Erişim: 2021]
- [2] D. Peidro, J. Mula, R. Poler ve F. C. Lario, “Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, cilt 43, no. 3-4, pp. 400-420, 2009.
- [3] Sadigh, H. Fallah, N. Nahavandi, “A multi-objective supply chain model integrated with location of distribution centers and supplier selection decisions.”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69(1-4), 225-235, 2013.
- [4] Q. Zhu, J. Sarkis ve K. Lai, “Initiatives And Outcomes Of Green Supply Chain Management Implementation By Chinese Manufacturers”, *Journal of Environmental Management*, 85, 179-189, 2007.
- [5] H. Min, W. P. Galle, “Green Purchasing Practices of US Firms”, *International Journal Of Operations and Production Management*, 21, 9, 1222- 1238, 2001.

- [6] J. Sarkis, "A Strategic Framework For Green Supply Chain Management", *Journal of Cleaner Production*, 11, 397-409, 2013.
- [7] Q. Zhu, J. Sarkis ve K. Lai, "Initiatives And Outcomes Of Green Supply Chain Management Implementation By Chinese Manufacturers", *Journal of Environmental Management*, 85, 179-189, 2007.
- [8] Harvard Business Review. "Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation" . <https://hbr.org/2009/09/why-sustainability-is-nowthe-key-driver-of-innovation> (Erişim: 22.03.2021).
- [9] S. Seuring, M. Müller, "From A Literature Review to A Conceptual Framework for Sustainable Supply Chain Management", *Journal of Cleaner Production*, 16, 1699-1710, 2008.
- [10] S. K. Srivastava, "Green Supply-Chain Management: A State-Of-The-Art Literature Review", *International Journal of Management Reviews*, 9, 53-80, 2007.
- [11] Q. Zhu, J. Sarkis, "Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises", *Journal of operations management*, 22(3), 265-289, 2004.
- [12] A.B.L.S. Jabbour, C.S.C Jabbour, K. Govindan, D. Kannan, M. H. Salgado ve C. J. Zanon, "Factors Affecting The Adoption Of Green Supply Chain Management Practices In Brazil: Empirical Evidence". *International Journal of Environmental Studies*. Vol: 70, No: 2. 302–315, 2013.
- [13] C. C. Chung, L. C. Chao, S. J. Lou, "The establishment of a green supplier selection and guidance mechanism with the ANP and IPA". *Sustainability*, 8(3), 259, 2016.
- [14] N. Kafa, Y. Hani, A. El Mhamedi, "Sustainability performance measurement for green supply chain management". *IFAC Proceedings Volumes*, 46(24), 71-78, 2013.
- [15] G. Büyüközkan, "An integrated fuzzy multi-criteria group decision-making approach for green supplier evaluation", *International Journal of Production Research*, 50(11), 2892-2909, 2012.
- [16] K. Govindan, R. Sivakumar, "Green supplier selection and order allocation in a low-carbon paper industry: integrated multi-criteria heterogeneous decision-making and multi-objective linear programming approaches". *Annals of Operations Research*, 238(1-2), 243-276, 2016.

- [17] B.Şişman, “Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Performansını Geliştirmede En Uygun Alternatif Faaliyetlerin Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Değerlendirilmesi”. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 14, 83-98, 2018.
- [18] C. H. Cheng, “Evaluating Weapon Systems Using Ranking Fuzzy Numbers”, *Fuzzy Sets And Systems*, cilt 107, pp. 25-35, 1999.
- [19] C. Kahraman ve G. Ayyıldız, “Cım Yatırımlarının Bulanık Ahp Yöntemi İle Değerlendirilmesi”, *İTÜ Akademik Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2003.
- [20] C. Kwong ve H. Bai, “Determining the Importance Weights for the Customer Requirements in QFD Using a Fuzzy AHP with an Extent Analysis Approach”, *Department of Industrial and Systems Engineering*, cilt 35, no. 7, pp. 619-626, 2003.
- [21] D. H. Byun, “The AHP approach for selecting an automobile purchase model”, *Information & Management*, cilt 38, no. 5, pp. 289-297, 2001.
- [22] T. L. Saaty ve L. T. Tran, “On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the Analytic Hierarchy Process”, *Mathematical and Computer Modelling*, cilt 46, no. 7-8, pp. 962-975, 2007.
- [23] A. Göksu, İ. Güngör, “Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses Ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması”, *Isparta*, 2008.
- [24] S. Terzi, Ş. Gür, T. Eren, “Sürdürülebilir tedarik zincirine endüstri 4.0 etkisinin çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi”, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, cilt 25, no. 1, pp. 511-528, 2020.
- [25] A. Öztel, “Entropi Tabanlı TOPSIS Yöntemi İle Enerji Sektöründe Kurumsal”, cilt 9, no. 24, pp. 20-21, 2018.
- [26] H. Karlı ve M. Tanyaş, “Pandemi Durumunda Tedarik Zinciri Risk Yönetimine İlişkin Öneriler”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt 19, no. 37, pp. 174 - 190, 2020.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 10



**Beyşehir Gölü Yüzey Suyu Sıcaklığının Zamansal ve
Mekansal Değişimlerinin Landsat 8 OLI/TIRS Uydu
Görüntüleri ile Belirlenmesi
(Erhan Şener)**

Beyşehir Gölü Yüzey Suyu Sıcaklığının Zamansal ve Mekansal Değişimlerinin Landsat 8 OLI/TIRS Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi

Erhan Şener

*Süleyman Demirel Üniversitesi Uzaktan Algılama Arş. ve Uyg. Merkezi - Isparta
E-mail:erhansener@sdu.edu.tr*

1. Giriş

Konya ve Isparta il sınırlarında bulunan Beyşehir Gölü, ülkemizin en büyük tatlı su kaynağıdır. İçme ve sulama suyu kaynağı olarak kullanılan Beyşehir Gölü su miktarı ile su kalitesi açısından baskı altındadır (Nas vd., 2008). Özellikle son yıllarda küresel iklim değişikliğine bağlı yaşanan kuraklık yağış rejimindeki değişikliklerin yanısıra gölü besleyen akarsular üzerine inşaa edilen gölet ve baraj gibi mühendislik yapıları nedeniyle göl seviyesinde düşüşler meydana gelmiştir.

Göller Bölgesinde bulunan Beyşehir Gölü, barındırdığı biyolojik çeşitlilik ile birlikte Van Gölünden sonra ülkemizin en büyük ikinci gölü niteliğinde olması nedeniyle büyük bir öneme sahiptir. Bununla birlikte Beyşehir Gölü ve çevresinde Beyşehir Gölü Milli Park Koruma ile Kızıldağ Milli Park Koruma Alanı, İçme ve Sulama Suyu Rezervi Koruma Alanı, uluslararası önemi olan A grubu sulak alan, tarihi ve kültürel zenginliği bakımından SİT Alanı olarak belirlenmiştir (Büber ve Bozyar, 2020).

DSİ verilerine göre Beyşehir Gölü'nün maksimum işletme kotundaki (1125m) su hacmi 5234.5hm^3 olup Konya- Çumra sulama projesinin su ihtiyacının karşılanması amacıyla 1914 Beyşehir Gölü Regülatörü işletmeye alınmıştır. Beyşehir Gölü regülatörünün işletmeye açılmasından sonra yaklaşık 85 yıllık periyot boyunca yapılan Beyşehir gölü seviye değişimlerine göre, göl seviyesi 1120.85m ile 1125.50m arasında değiştiği belirlenmiştir. Göl seviyesi 1933 yılı sonunda 1120.96m, 1934 yılı sonunda 1120.85m, 1949 yılında 1124.99m, 1953 yılında 1124.95m, 1962 yılında 1121.73m 1969 yılında 1125.38m, 1974 yılı sonunda 1121.97m, 1981 yılında 1125.50m, 1994 yılında 1121.11m 1996 yılında 1123.13m olarak ölçülmüştür (Yarar, 2004).

Göllerde su yüzeyi sıcaklığı su yüzeyindeki enerji dengesi ile su kütlesi içerisindeki ısı taşınım mekanizmalarının bir sonucudur. Su yüzey sıcaklığı deniz, kıyı ve göl ortamlarında biyolojik çeşitlilik açısından da çok önemli bir su kalitesi parametresidir (Wloczyk, 20106). Su Sıcaklığı, özellikle sığ göllerde ekosistemi kontrol eden en önemli parametrelerden bir tanesidir. Su

sıcaklıklarının değişimlerine bağlı olarak gelişen bazı kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar su içerisindeki birçok iyonun konsantrasyonunu değiştirebilmektedir (Şener, 2016). Göllerdeki su sıcaklığı değişimleri genellikle, güneş ısınımı, rüzgar etkisi, göle su girişleri ile gölden su çıkışları ile mevsimsel ısınma ve soğuma gibi faktörlere bağlıdır (Darbyshire vd., 1972; Horne ve Goldman 1994; Sinha ve Yetkin 2019)

Günümüzde uydu görüntüleri kullanılarak su yüzeylerinin tespiti ve kara ve su yüzeylerinin sıcaklıklarının belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur (Tcherepanov. 2005, Şener vd. 2010, Nas vd.2010, Karaman vd.2011, Orhan vd.2014, Rodríguez vd. 2014, Şener. 2016, Huang vd.2017, , Çakaröz. 2018, Gülci vd. 2019, Traveres. 2019, Cheval. 2020). Bu çalışmalarda genel olarak su yüzeyinin belirlenmesinde Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi (NDWI), Düzenlenmiş Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi (MNDWI) ve Otomatik Su Yüzeyi Çıkarım indeksi (AWEI) gibi band oranlama yöntemleri yanısıra yüzey suyu sıcaklıklarının belirlenmesinde ise Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ , Landsat 8 OLI\TIRS ve ASTER uydu görüntülerine ait termal bandlar kullanılmıştır.

Bu çalışmada sıcaklığının 2020 ve 2021 yıllarının farklı aylarına ait 11 adet uydu görüntüsü kullanılarak Beyşehir Gölü yüzey suyu sıcaklığının zamansal ve konumsal değişimlerinin Landsat 8 OLI\TIRS uydu görüntüleri ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma Alanı

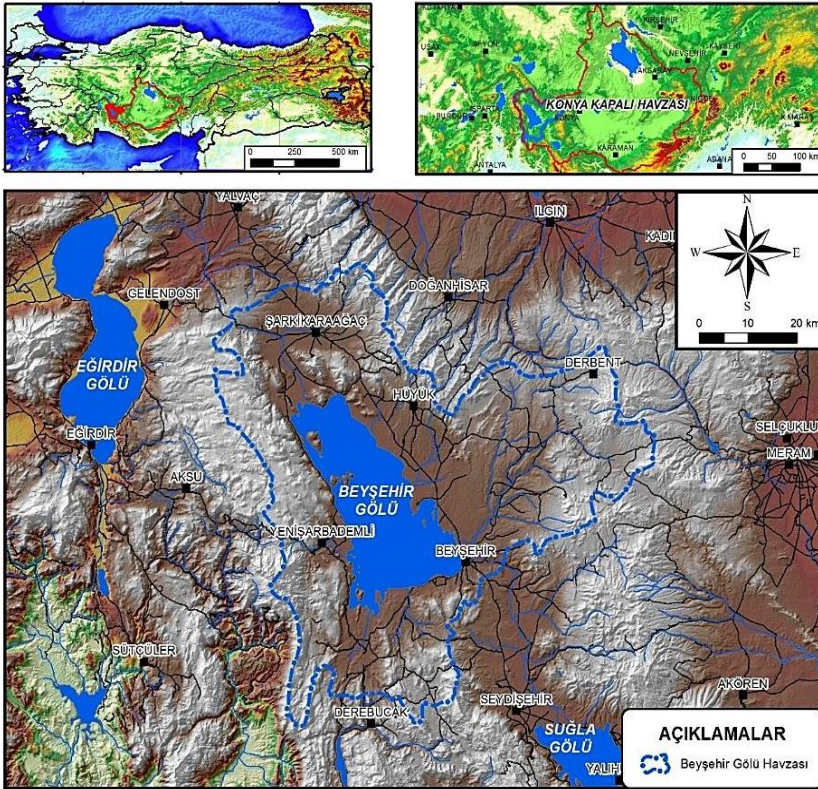
Türkiye'nin güneybatısında Göller Bölgesi olarak adlandırılan bölgede yeralan Beyşehir Gölü Havzası yaklaşık 4167km²'lik bir alana sahiptir. Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü niteliğinde olan Beyşehir Gölü 37°34' ve 37°59' Kuzey ile 31°17' ve 31°44' Doğu koordinatları arasında yer almaktadır. Tektonik kökenli bir göl niteliğinde olan Beyşehir Gölü ülkemizin en önemli karst bölgelerinden bir tanesi olan Batı Toroslarda bulunmaktadır. Yaklaşık 6milyar m³'lük su potansiyeline sahip olan Beyşehir Gölü, içme ve kullanma suyu kaynağı, sulak alan, milli park barındırdığı zengin flora ve fauna yanı sıra balıkçılık, tarım, turizm ve insani faaliyetler açısından önemli bir doğal kaynaktır (OSİB, 2014).

Orta Toroslar'ın kuzey bölümünde bulunan ve bölgedeki dağlar arası ahvzaların en büyüğü ve en önemlisi konumunda bulunan Beyşehir Gölü yüzeyden Konya Ovası'na ve yeraltından Manavgat havzasına bağlı olabileceği öngörülen bir iç havzadır. Bölgenin orojenik yapısına uygun olarak kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu tektono-karstik bir çukurlukta yeralan Beyşehir Gölü, Orta-Miyosenden günümüze kadar varlığını

sürdürmektedir. (Nazik, 1993; Şen, 1989, Demirkol, 1981; Köymen, 1970, Lahn,1984)

Beyşehir Gölü'nün beslenimini, Anamas Dağları ile Sultandağlarından akan dereler ile birlikte gölün batısı ve güneyinde bulunan mesozoyik yaşlı kireçtaşlarının kırık ve çatlaklarından boşalan kaynaklar ve göl aynasına düşen yağışlar oluşturmaktadır. Ayrıca Beyşehir Gölü'ne besleyen en önemli akarsular Büyükçay, Hizar, Soğuksu, Karadiken, Üstünler, Eflatun, Ebulvefa, Sarısu, Çavuşköy, Çeltik, Ozan ve Girlevik dereleridir (Gümüş, 2013).

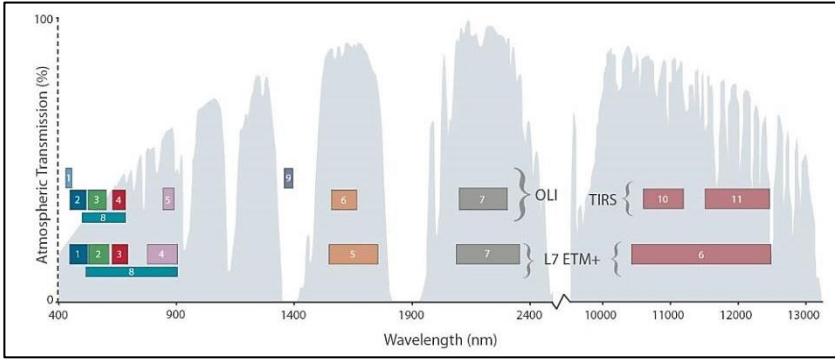
DSİ 18.Bölge Müdürlüğü verilerine göre 1 Kasım 2021 tarihi itibarıyla göl seviyesi 1121.68m olup buna bağlı olarak göl hacmi ise 2819.4hm³'tür. Beyşehir Gölü'nün maksimum işletme kotu olan maksimum göl seviyesi 1124.6m olmakla birlikte maksimum seviyedeki göl hacmi ise 4768.46hm³'tür. Dolayısıyla 1 Kasım 2021 tarihi itibarıyla göl seviyesi maksimum göl seviyesinden yaklaşık 2.92m daha düşük seviyede, göl hacmi ise maksimum göl seviyesindeki göl hacmine göre 1946.06hm³ daha az olup doluluk oranı yaklaşık %59 civarındadır.



Şekil 2: Beyşehir Gölü havzasının konumu

2.2. Veri

Bu çalışmada Beyşehir Gölü su yüzey alanının belirlenerek göl yüzey suyu sıcaklığının zamansal ve konumsal değişimlerin belirlenmesi amacıyla Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü kullanılmıştır. USGS ve NASA işbirliği ile üretilen Landsat 8 OLI/TIRS uydusu Atlas-V 401 roketiyle 11 Şubat 2013 tarihinde yörüngesine fırlatılmıştır. Landsat 8 uydusu üzerine Thermal Infrared Sensor (TIRS) ve Operational Land Imager (OLI) adlı iki adet gelişmiş sensör konumlandırılmıştır. Landsat 8 uydusu 15m. konumsal çözünürlüğe sahip pankromatik band, 30m. konumsal çözünürlüğe sahip multispektral bandlar ile 100m. konumsal çözünürlüğe sahip termal bandlara sahiptir. Landsat-8 OLI (Operational Land Imager) sensörü; 30 m konumsal çözünürlüğe sahip Sırrus (1,360-1,390 μm) band, Kısa Dalga Kızılötesi (2,100-2,300 μm), Kısa Dalga Kızılötesi (1,560-1,660 μm), Yakın Kızılötesi (0,845- 0,885 μm), Kırmızı (0,630-0,680 μm), Yeşil (0,525-0,600 μm), Mavi (0,450-0,515 μm) ve Kıyı/ Aerosol (0,433- 0,453 μm) multispektral bandlar ile 15m konumsal çözünürlüğünde pankromatik banda (0.500-0.680 μm) sahiptir. Landsat 8 TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensöründe ise Uzun Dalgaboyu Kızılötesi 1 ve 2 olarak adlandırılan, 100 m konumsal çözünürlüğe sahip Band 10 (10.60–11.19 μm) ve Band 11 (11.5-12.51 μm) mevcuttur (USGS 2016, Şekil 2, Tablo 1).



Şekil 2: Landsat 8 OLI/TIRS uydularının spektral özellikleri (USGS, 2016).

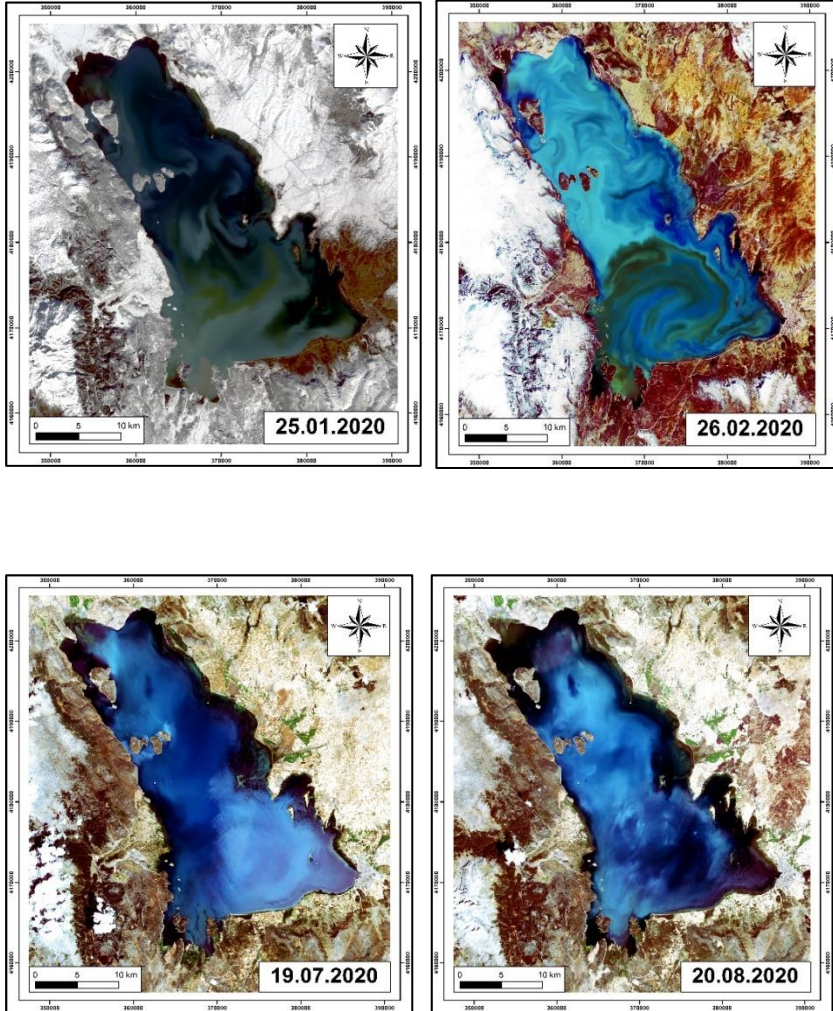
Tablo 2: Landsat 8 uydusuna ait bandların genel özellikleri (USGS, 2016).

Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

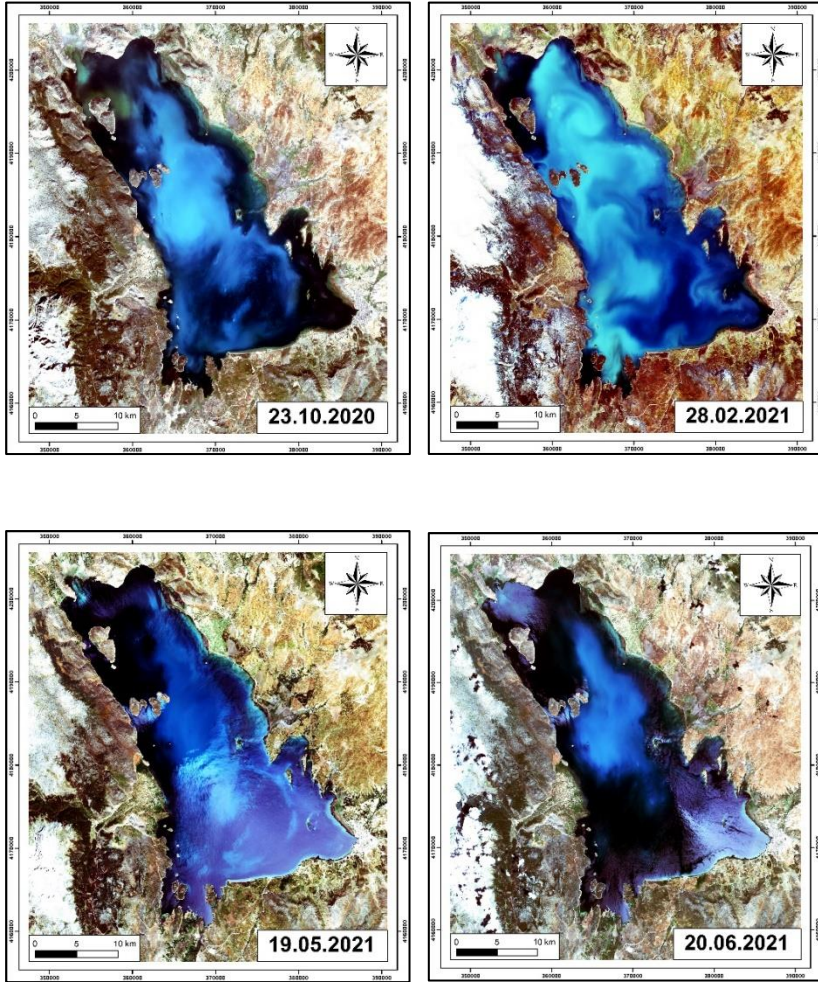
NASA ve USGS ortaklığında üretilen Landsat uydu serisinin dokuzuncusu konumunda bulunan Landsat 9 uydusu 27 Eylül 2021 tarihinde Atlas V401 roketi ile yörüngesine fırlatılmıştır. Landsat 9 uydusu üzerinde Landsat 8 uydusuna benzer şekilde OLI-2 ve TIRS-2 algılayıcıları bulunmaktadır.

Bu çalışmada 2020-2021 yıllarına ait 11 farklı zamana (25.01.2020, 26.02.2020, 19.07.2020, 20.08.2020, 23.10.2020, 28.02.2021, 19.05.2021, 20.06.2021, 23.08.2021, 08.09.2021 ve 26.10.2021) ait Landsat 8 OLI\TIRS uydu görüntüsü kullanılmıştır (Şekil 3-5).

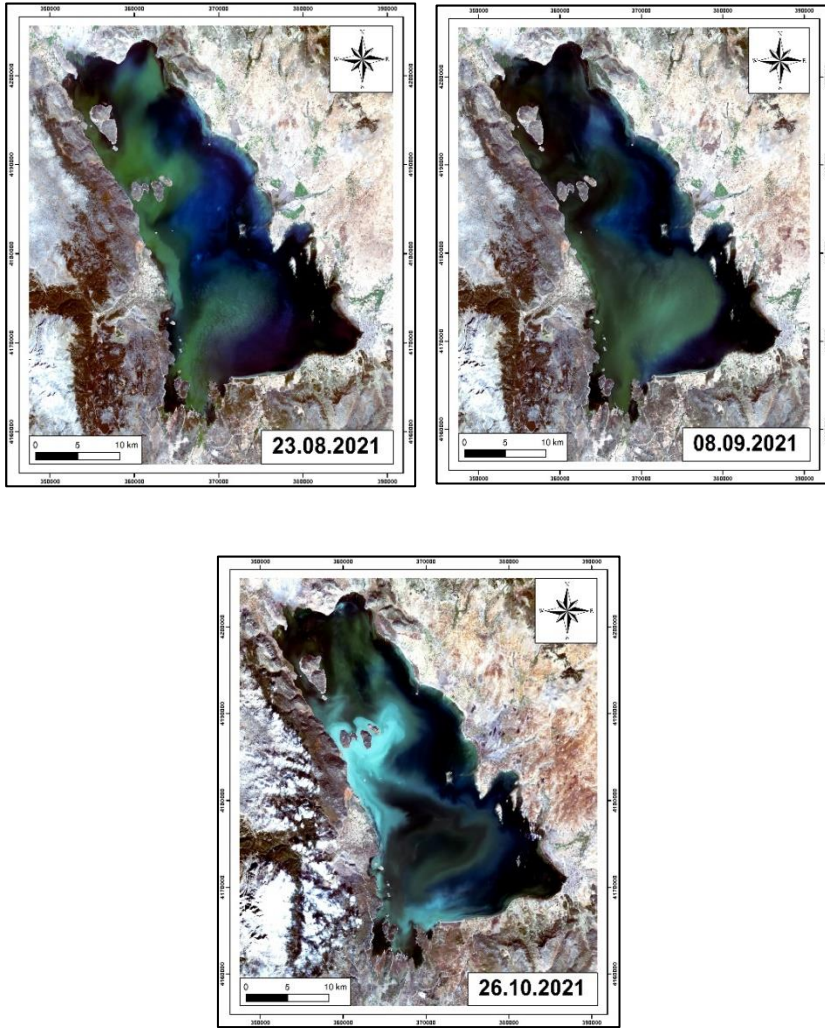
Çalışmada kullanılan Landsat 8 OLI\TIRS uydu verileri Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Kurumu'nun "earthexplorer" web servisinde temin edilmiştir (Sözkonusu görüntülerin temin edilmesi aşamasında özellikle göl üzerinde bulutluluk oranının "0" olmasına dikkat edilmiş ve bu kapsamda sözkonusu kriterlere uygun olarak 2020 yılına 5 adet ve 2021 yılına ait 6 adet olmak üzere toplam 11 adet uydu görüntüsü belirlenmiştir.



Şekil 3: Beyşehir Gölü'nün 25.01.2020, 26.02.2020, 19.07.2020 ve 20.08.2020 tarihlerine ait Landsat 8 OLI/TIR uydü görüntüleri



Şekil 4: Beyşehir Gölü'nün 23.10.2020, 28.02.2021, 19.05.2021 ve 20.06.2021 tarihlerine ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri



Şekil 5: Beyşehir Gölü'nün 23.08.2021, 08.09.2021 ve 26.10.2021 tarihlerine ait Landsat 8 OLI/TIR uydu görüntüleri

2.3. Metod

Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak Beyşehir Gölü yüzey suyu sıcaklıkları belirlenmesi amacıyla öncelikle göl yüzey alanının belirlenmesi gerekmektedir. Uydu görüntüleri kullanılarak su ve sulak alanlara yönelik çalışmalarda genellikle ışığın yeşil bölgede yansıma ve yakın kızılötesi (NIR) bölgede ise soğurulma özelliği kullanılmaktadır (McFeeters 1996; Xu 2006; Özelkan ve Karaman, 2018; Karaman, vd., 2018). Birçok araştırmacı Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi yöntemi geliştirmek amacıyla çalışarak çeşitli indeksler oluşturmuşlardır (McFeeter, 1996; Xu, 2006; Shen ve Li., 2010; Wilson vd., 2002; Feyisa vd., 2014). Bu kapsamda McFeeter (1996) tarafından geliştirilen Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi (NDWI- Normalized Difference Water Index) yönteminin Xu (2006) tarafından geliştirilmesiyle elde edilen Düzenlenerek Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi (MNDWI- Modified Normalized Difference Water Index) yöntemi kullanılmıştır. Işık suda, yakın kızılötesi bölgeye oranla SWIR bölgede daha fazla soğurulması ve toprak, bitki vb. yüzeylerde daha fazla yansıtma olması nedeniyle Xu (2006) tarafından NIR bandların yerine SWIR bandları kullanılarak MNDWI indisi geliştirilmiştir (Çakaröz vd., 2018). Genel olarak MNDWI indeksinde pozitif değerlerdeki piksek değerleri su yüzeylerini ve negatif piksel değerleri ise bitki, orman, yerleşim vb. alanları tanımlamaktadır. Görüntü işleme süreçlerinin tamamında ENVI yazılımı kullanılmıştır.

$$NDWI = \frac{b_{green} - b_{NIR}}{b_{green} + b_{NIR}}$$

Burada NDWI: Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi (McFeeter.1996)

b_{green} : Yeşil Band (Landsat 8 uydu görüntüleri için band 3)

b_{NIR} : Yakın Kızılötesi Band (Landsat 8 uydu görüntüleri için band 5)

$$MNDWI = \frac{b_{green} - b_{SWIR}}{b_{green} + b_{SWIR}}$$

Burada MNDWI: Düzenlenmiş Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi (Xu, 2006)

b_{green} : Yeşil Band (Landsat 8 uydu görüntüleri için band 3)

b_{SWIR} : Yakın Kızılötesi Band (Landsat 8 uydu görüntüleri için band 7)

Beyşehir Gölü yüzey suyu sıcaklığının Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak belirlenebilmesi amacıyla göl yüzey alanı belirlendikten sonra termal bandın (Band 10) yansıma değerleri radyans değerlerine ve daha sonra radyans değerleri ise parlaklık sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür. Son aşamada ise °K cinsinden hesaplanan parlaklık sıcaklıkları °C cinsine dönüştürülmüştür.

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{max\lambda} - L_{min\lambda})}{(Qcal_{max} - Qcal_{min})} * ((Qcal - Qcal_{min}) + (L_{min\lambda}))$$

Burada L_{λ} : Spectral radyans değerleri (Watts/(m²*sr*µm)),

$L_{min\lambda}$: $Qcal_{min}$ 'e göre ölçeklendirilen spektral radyans değerleri

$L_{max\lambda}$: $Qcal_{max}$ 'a göre ölçeklendirilen spektral radyans değerleri

$Qcal$: Kalibre edilmiş piksel değerleri

$Qcal_{min}$: Kalibre edilmiş minimum piksel değerleri

$Qcal_{max}$: Kalibre edilmiş maksimum piksel değerleridir.

Landsat 8 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinden elde edilen radyans değerlerinin parlaklık sıcaklıklarına dönüştürme aşamasında USGS (2013) tarafından verilen K_1 ve K_2 Termal Dönüşüm Sabitleri kullanılır (Tablo 2).

$$T = \frac{K_2}{\ln \frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1}$$

Burada; T : Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığı (°K)

L_{λ} : Spectral radyans değerleri (Watts/(m²*sr*µm)),

K_1 : Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun birinci termal dönüşüm sabitini

K_2 : Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun ikinci termal dönüşüm sabitidir.

$$T (^{\circ}C) = T (^{\circ}K) - 273.15$$

Burada $T (^{\circ}C)$: Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığı

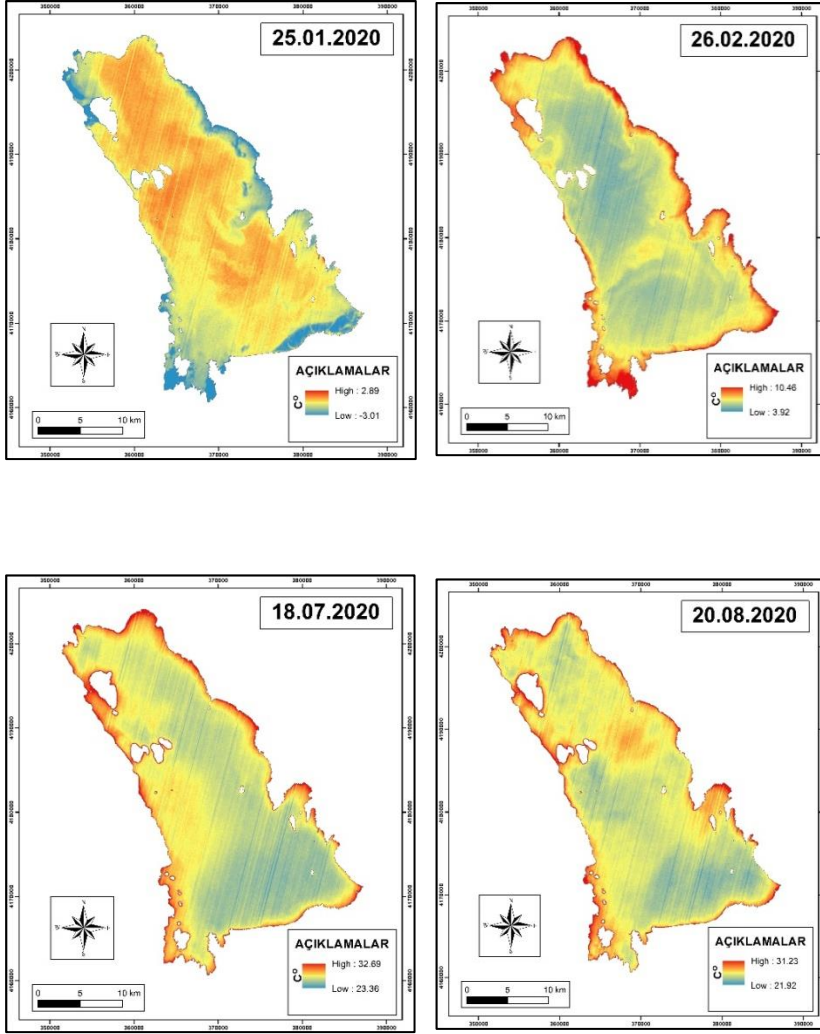
$T (^{\circ}K)$: Santigrat cinsinden parlaklık sıcaklığı

Tablo 2: Landat uydularının K1 ve K2 termal dönüşüm sabitleri (USGS, 2013)

Landsat Uydu Serisi		K ₁	K ₂
Landsat 5		607,76	1260,56
Landsat 7		666,09	1282,71
Landsat 8	Band 10	774,89	1321,08
	Band 11	480,89	1201,14

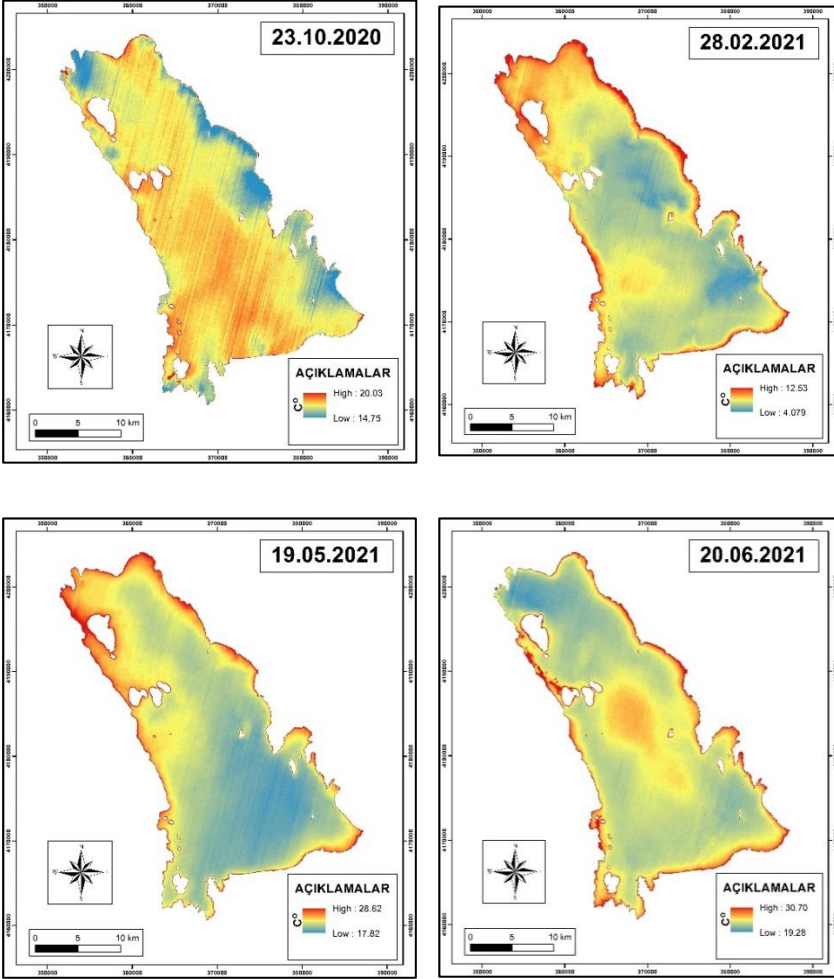
3. Araştırma Bulguları

Beyşehir Gölü'nün kapsayan 178\34 path row numaralı Landsat uydu çerçeve alanına ait 2020 ve 2021 yıllarının farklı aylarına ait 11 adet Landsat 8 OLI/TIRS uydu verileri Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Kurumu'nun "<https://earthexplorer.usgs.gov>" adresinden temin edilmiştir. Söz konusu uydu görüntüleri ile öncelikle Yenilenmiş Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi yöntemi kullanılarak Beyşehir Gölü yüzey alanı belirlenmiştir. Daha sonra söz konusu göl yüzey alanı maskelenerek Landsat 8 uydusunun termal bandları kullanılarak göl yüzey suyu sıcaklıklarının zamansal ve konumsal değişimleri tespit edilmiştir (Şekil 6-8).



Şekil 6: Beyşehir Gölü'nün 25.01.2020, 26.02.2020, 19.07.2020 ve 20.08.2020 tarihlerine ait yüzey suyu sıcaklık haritaları

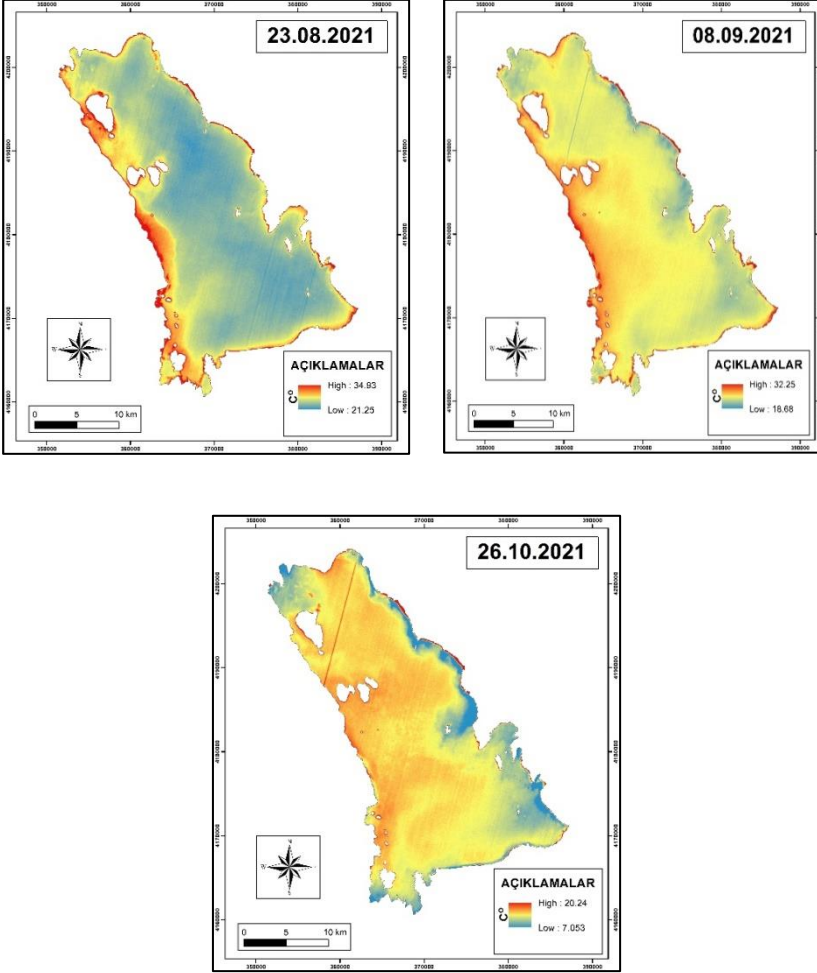
Buna göre 25.01.2020 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların -3.01°C , en yüksek sıcaklıkların 2.89°C , ve ortalama su sıcaklığının ise 0.77°C olduğu tespit edilmiştir. Göl yüzey suyu sıcaklıklarının dağılımı incelendiğinde özellikle kuzey ve doğu kesimlerindeki sığ bölgelerde sıcaklıkların negatif değerlerde olduğu dolayısıyla bu kesimlerin buz tuttuğu belirlenmiştir.



Şekil 7: Beyşehir Gölü'nün Beyşehir Gölü'nün 23.10.2020, 28.02.2021, 19.05.2021 ve 20.06.2021 tarihlerine ait yüzey suyu sıcaklık haritaları

26.02.2020 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 3.92 °C, en yüksek sıcaklıkların 10.46 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 5.01 °C olduğu tespit edilmiştir. 18.07.2020 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 23.36 °C, en yüksek sıcaklıkların 32.69 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 24.38 °C olduğu tespit edilmiştir. 20.08.2020 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 21.92 °C, en yüksek sıcaklıkların 31.23 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 22.92 °C olduğu tespit edilmiştir. 23.10.2020 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık

verilerine göre en düşük sıcaklıkların 14.75°C , en yüksek sıcaklıkların 20.03°C ve ortalama su sıcaklığının ise 16.14°C olduğu tespit edilmiştir. 28.02.2021 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 4.079°C , en yüksek sıcaklıkların 12.53°C ve ortalama su sıcaklığının ise 5.27°C olduğu tespit edilmiştir. 19.05.2021 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 17.82°C , en yüksek sıcaklıkların 28.62°C ve ortalama su sıcaklığının ise 18.97°C olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8: Beyşehir Gölü'nün 23.08.2021, 08.09.2021 ve 26.10.2021 tarihlerine ait yüzey suyu sıcaklık haritaları

20.06.2021 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 19.28 °C, en yüksek sıcaklıkların 30.70 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 20.47 °C olduğu tespit edilmiştir. 23.08.2021 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 21.25 °C, en yüksek sıcaklıkların 34.93 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 22.19 °C olduğu tespit edilmiştir. 08.09.2021 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 18.68 °C, en yüksek sıcaklıkların 32.25 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 20.36 °C olduğu tespit edilmiştir. 26.10.2021 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklıkların 7.053 °C, en yüksek sıcaklıkların 20.24 °C ve ortalama su sıcaklığının ise 12.59 °C olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada Beyşehir Gölü'nün kapsayan 178\34 path row numaralı Landsat uydu çerçeve alanına ait 2020 ve 2021 yıllarının farklı aylarına ait 11 adet Landsat 8 OLI/TIRS uydu verileri USGS "earthexplorer" web servisinden temin edilmiştir. Söz konusu uydu görüntüleri ile öncelikle Yenilenmiş Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi (MNDWI) yöntemi kullanılarak Beyşehir Gölü yüzey alanı tespit edilmiştir. Daha sonra Landsat 8 uydusunun termal bantları kullanılarak göl yüzey suyu sıcaklıklarının zamansal ve konumsal değişimleri tespit edilmiştir.

Buna göre 25.01.2020 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen göl yüzey suyu verilerine göre sıcaklıklarının dağılımı incelendiğinde özellikle kuzey ve doğu kesimlerindeki sıg bölgelerde sıcaklıkların negatif değerlerde olduğu dolayısıyla bu kesimlerin buz tuttuğu belirlenmiştir. Bununla birlikte hava sıcaklıklarına bağlı olarak göl yüzey suyu sıcaklıklarının da arttığı tespit edilmiştir. Beyşehir Gölü yüzey suyu sıcaklık dağılımların zamansal ve konumsal dağılımları incelendiğinde gölün kıyı bölgelerindeki sıg kesimlerin hava sıcaklıklarından çok hızlı etkilendiği dolayısıyla da özellikle yaz aylarında kıyı kesimlerindeki su sıcaklıkların çok arttığı belirlenmiştir. Kıyı kesimlerindeki su sıcaklıklarındaki artışın bir başka nedeninin ise kuraklığa bağlı su seviyesindeki düşüşler ile birlikte daha belirgin hale gelen su içi bitkiler ve göl yüzeyinde gözlenen bulanıklık ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak araştırma kapsamında Beyşehir Gölü'nün yüzey suyu sıcaklıklarının zamansal ve konumsal değişimlerinin araştırıldığı bu çalışmada, Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri çok hızlı ve ekonomik bir çözüm sağlamaktadır. Sulak alanların takibi ile kıyı kenar ise Yenilenerek Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi yönteminin çok başarılı bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Özellikle Küresel İklim Değişikliğine bağlı olarak son yıllarda

etkilerini giderek arttıran kuraklık nedeniyle büyük bir tehdit altında olan sulak alanların planlama süreçlerinde sözkonusu yöntemler çok daha aktif olarak kullanılmalıdır.

5. Kaynaklar

- Büber, H. & Bozyurt, O. (2020). “Beyşehir Gölü Ve Havzasının Çevresel Sorunları”, International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal, (Issn:2630-631X) 6(38): 2389-2408.
- Cheval, S., Popa, A. M., Şandric, I., & Ioja, I. C. (2020). Exploratory analysis of cooling effect of urban lakes on land surface temperature in Bucharest (Romania) using Landsat imagery. Urban Climate, 34, 100696.
- Çakaroz, D., Öztürk, B., & Özelkan, E. Umurbey Deltası Kıyı Çizgisinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi.TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu I 3-6 Ekim 2018.Ankara
- Darbyshire J, Edwards A. “Seasonal formation and movement of the thermocline in lakes”. Pure and Applied Geophysics, 93(1), 141-150, 1972.
- Demirkol, C., 1981, Sultandağ kuzeybatısının jeolojisi ve Beyşehir-Hoyran Napları ile ilişkileri, TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu, Prone No: TBAG-382, Kesin Rapor.
- Horne A, Goldman C. Limnology. New York, USA, McGraw -Hill Key Textbooks Series 1994.
- Feyisa, G.L., Meilby, H., Fensholt, R., Proud, S.R, 2014. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. Remote Sens. Environ. 140, 23– 35.
- Gülci, S., Gülci, N., & Yüksel, K. (2019). Aslantaş Baraj Gölü ve Çevresinin Su Yüzey Alanı ve Arazi Örtüsü Değişiminin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzlenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 9(1), 100-110.
- Gümüş, E., 2013. Göl-Yeraltısuyu Etkileşimi: Beyşehir gölü Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Huang, Y., Liu, H., Hinkel, K., Yu, B., Beck, R., & Wu, J. (2017). Analysis of thermal structure of arctic lakes at local and regional scales using in situ and multidecade Landsat-8 data. Water Resources Research, 53(11), 9642-9658.

- Karaman, M., Uça Avcı, Z. D., Budakoğlu, M., Taşdelen, S., Özelkan, E., & Papıla, İ. (2011). Flamingoların Beslenme Alanlarındaki Tahribatın Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Değerlendirilmesi: Acıgöl (Denizli) Örneği: II, II. Türkiye Sulak Alanlar Kongresi, 22-24.
- Karaman, M.; Özelkan, E.; Taşdelen, S. (2018) “Dar Nehirlerin Sentinel2-A Uydu Görüntüleri ile Belirlenebilirliğinde Havza Hidrojeolojisinin Etkisi: Karamenderes (Çanakkale) Örneği”, Doğ Afet Çev Derg, 2018; 4(2): 140-155.
- Köymen, H.R. 1970. Beyşehir Lake Hydrology, Submitted to the aculty of Engineering of the METU in Partial Fulfilment of Requirements Master of Science in Civil Engineering Thesis, 43s.
- Lahn, E., 1984. Türkiye göllerinin jeolojisi ve jeomorfolojisi hakkında bir etüd, MTA yayınları, Seri B, No:2,87s.ek20s.
- McFeeters, S. K. (1996) “The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features” International journal of remote sensing, 17(7), 1425-1432.
- Nas B, Karabork H, Ekercin S, Berktaş A (2008) Mapping chlorophyll-a through in-situ measurements and Terra ASTER satellite data. Environ Monit Assess 157(1):375–382
- Nas, B., Ekercin, S., Karabörk, H., Berktaş, A., & Mulla, D. J. (2010). An application of Landsat-5TM image data for water quality mapping in Lake Beyşehir, Turkey. Water, Air, & Soil Pollution, 212(1), 183-197.
- Nazik, L., 1992. Beyşehir Göüü güneybatısı ile Kambos Polyesi arasının karst jeomorfolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, 298s.
- Sinha, T. E. T., Yetgin, M. Y. (2019). Yapay bir göldeki termal değişikliklerin bir boyutlu sayısal model ile simülasyonu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(6), 655-664.
- Orhan, O., Ekercin, S., & Dadaser-Celik, F. (2014). Use of landsat land surface temperature and vegetation indices for monitoring drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. The Scientific World Journal, 2014.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2014). Beyşehir Gölü Havza Koruma Planı ve Özel Hüküm Belirleme Projesi Raporu. Yayınlanmamış rapor. Ankara, 16-499.
- Rodríguez, Y. C., El Anjoumi, A., Gómez, J. D., Pérez, D. R., & Rico, E. (2014). Using Landsat image time series to study a small water body in Northern Spain. Environmental monitoring and assessment, 186(6), 3511-3522.

- Shen, L., Li, C., 2010. Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm. In Proceedings of 18th International Conference on Geoinformatics, 18–20 June 2010, Beijing, China.
- Şen, O., 1989. Beyşehir (Konya) güneybatısının jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, 78s.
- Sener, E., Davraz, A., & Sener, S. (2010). Investigation of Akşehir and Eber Lakes (SW Turkey) coastline change with multitemporal satellite images. *Water resources management*, 24(4), 727-745.
- Şener, E. Burdur Gölü Yüzey Suyu Sıcaklığı Mevsimsel Değişiminin Landsat 8 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4(2).
- Tavares, M. H., Cunha, A. H. F., Motta-Marques, D., Ruhoff, A. L., Cavalcanti, J. R., Fragoso, C. R., ... & Rodrigues, L. H. R. (2019). Comparison of methods to estimate lake-surface-water temperature using Landsat 7 ETM+ and MODIS imagery: Case study of a large shallow subtropical lake in southern Brazil. *Water*, 11(1), 168.
- Tcherepanov, E. N., Zlotnik, V. A., & Henebry, G. M. (2005). Using Landsat thermal imagery and GIS for identification of groundwater discharge into shallow groundwater-dominated lakes. *International Journal of Remote Sensing*, 26(17), 3649-3661.
- USGS., 2013. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 1.0. Available online: <http://landsat.usgs.gov/l8handbook.php>
- USGS., 2016. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, Version 2.0, LSDS-1574. 106 s.
- Wilson, E.H., Sader, S.A., 2002. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sens. Environ.* 2002, 80, 385– 396. pp. 1–4.
- Wloczyk, C., Richter, R., Borg, E., & Neubert, W. (2006). Sea and lake surface temperature retrieval from Landsat thermal data in Northern Germany. *International Journal of Remote Sensing*, 27(12), 2489-2502.
- Xu, H. (2006) “Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery” *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033.
- Yarar, A., 2004. Beyşehir Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Wilhite, D. A. (2000). Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: Wilhite, D.A. (Ed.), *Drought: A Global Assessment*. Routledge, pp. 3-18.
- Yusof, F., & Hui-Mean, F. (2012). Use of statistical distribution for drought analysis. *Applied Mathematical Sciences*, 6(21), 1031-1051.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 11



**Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Zamansal ve
Konumsal Meteorolojik Kuraklık Analizi: Antalya İli
(Türkiye) Örneği
(Erhan Şener)**

Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Zamansal ve Konumsal Meteorolojik Kuraklık Analizi: Antalya İli (Türkiye) Örneği

Erhan Şener

*Süleyman Demirel Üniversitesi,
Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta, Türkiye,
E-mail:erhansener@sdu.edu.tr*

1. Giriş

Kuraklık, genel olarak uzun bir süre boyunca yağışların ciddi miktarlarda ortalamasının altında gerçekleşmesi sebebiyle yağış eksikliğinden kaynaklanan, yavaş başlangıçlı doğal bir tehlike olarak kabul edilmektedir (Dubrovsky vd, 2009). Kuraklık etkisi ile su kaynakları ve arazi kullanımı uzun süreli olumsuz olarak etkilenmektedir. Bununla birlikte yaşam kalitesinin bozulması, su ve arazi kullanımında ciddi sıkıntılar, mahsul veriminin düşmesi, kirlilik sorununun artması, su kaynaklı hastalıkların ortaya çıkması, sucul biyolojik çeşitliliğin azalması ve orman yangınları gibi birçok olumsuz etkiler de yaygın olarak yaşanmaktadır. Kuraklık, ekonomik, sosyal ve doğa açısından tarım ve ekosistem üzerinde tahribata neden olan küresel en maliyetli iklimsel tehlike olarak bilinmektedir (Wilhite, 2000; Hui-Mean vd. 2018). Bu nedenle, kuraklık izleme modüllerini geliştirmek, kuraklık değişikliklerini farkında olmak ve kuraklık etkilerini azaltmak için kuraklık analizi son derece önemlidir (Yusof ve Hui-Mean, 2012).

Kuraklık doğal olarak meydana gelir, ancak iklim değişikliği genellikle hidrolojik süreçleri hızlandırmaktadır. Meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik olmak üzere dört farklı türde kuraklık incelenmektedir (Sırdaş ve Şen, 2003; Şener ve Şener, 2019). Bu kuraklık türlerinin analizi yağış, sıcaklık, nem, buharlaşma-terleme gibi birçok parametre dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle farklı kuraklık indeks yöntemleri geliştirilmiş olup bu yöntemler bazen tek bir parametre bazense birden fazla parametreyi aynı anda değerlendirerek hesaplama yapmaktadır (Türkeş, 1990). Burada kuraklığı şiddeti, süresi ve sıklığı bakımından ölçerek uzun süreli izlenmesi esastır (Tsakiris vd., 2007). Bir bölgede kuraklığı yönetebilmek ve zararlarını minimuma indirebilmek için kuraklık analizlerinin yapılması gerekmektedir. Özellikle küresel iklim değişikliğinin etkilerinin yoğun olarak gözlenmeye başladığı son yıllarda bu çalışmalar daha da önemli hale gelmiştir.

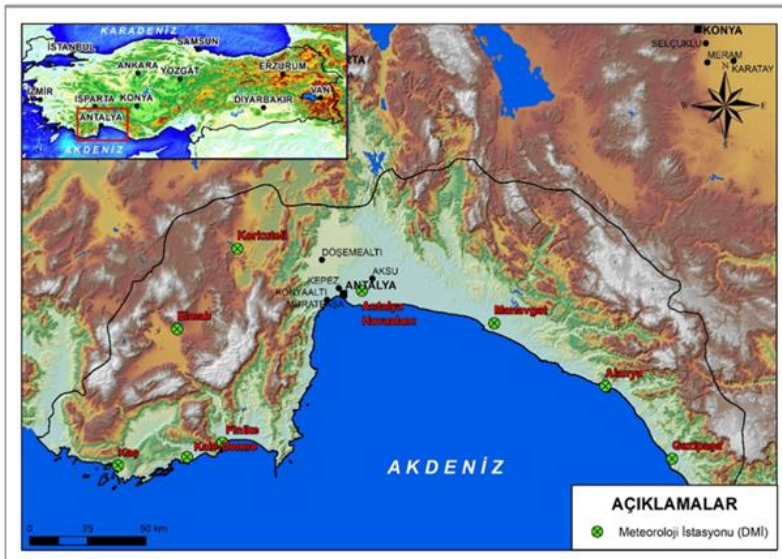
1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından kurulmuş olan Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli “The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)” değerlendirme

raporlarına göre yakın gelecekte Akdeniz Bölgesinde sıcaklıkların artış eğiliminde olması beklenmektedir. Bununla birlikte yağışların da ortalamanın altında beklenmesi ülkemiz açısından güney kesimlerin kuraklık tehlikesi ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir (IPCC, 2021).

Bu çalışmada Antalya ili için meteorolojik kuraklık analiz yöntemlerinden biri olan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) yöntemi kullanılmıştır. İl sınırlarını içerisindeki meteoroloji istasyonlarına ait veriler dikkate alınarak yapılan hesaplamalar ile SYI sayısal değerleri elde edilmiş ve bu veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak kuraklık haritaları hazırlanmıştır. Böylece çalışma alanının zamansal ve konumsal kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir.

1.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı olan Antalya ili ülkemizin Akdeniz Bölgesi içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Antalya İlinin Akseki, Aksu, Alanya, Demre, Döşemealtı, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Gündoğmuş, İbradı, Kaş, Kemer, Kepez, Konyaaltı, Korkuteli, Kumluca, Manavgat, Muratpaşa ve Serik olmak üzere 19 İlçesi bulunmaktadır. Bölgede genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. İl sınırlarının yüksek kesimlerinde yağışlar kış aylarında kar şeklindedir. Maki bölgedeki hakim bitki örtüsü olup ilin % 60'ı kızılçam ormanları ile kaplıdır. Antalya'da turizm ekonomik açıdan önemli bir yere sahip olsa da bölge halkının en önemli geçim kaynağı tarıma dayanmaktadır. Özellikle seracılık faaliyetleri, turfanda sebzecilik ve narenciye yetiştiriciliği son derece yaygındır.



Şekil 1: Çalışma alanının yerbulduru haritası

1.2. Yöntem

Antalya ilinin kuraklık analizini gerçekleştirebilmek için öncelikle bölgedeki Devlet Meteoroloji İstasyonlarına (DMİ) ait veriler incelenmiştir. Çalışma alanını en iyi şekilde temsil eden ve en sağlıklı ölçüm verisine sahip olan Alanya, Antalya Havalimanı, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli, Manavgat, Kaş ve Kale-Demre DMİ'lerinin uzun yıllara ait meteorolojik ölçüm verileri kullanılmıştır. Bu ölçüm verileri kullanılarak Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) yöntemi ile kuraklık analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hesaplanan indeks değerleri CBS ortamında analiz edilerek kuraklığın konumsal dağılım haritaları hazırlanmıştır.

1.3. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI)

Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYI), kuraklık izlemede yaygın olarak kullanılan göstergelerdir. Çünkü indeks hesaplanırken kullanılan verilere kolaylıkla erişilebilir (McKee vd., 1993). Farklı zaman ölçekleri için kuraklık indeksi hesaplamaya olanak sağlayan yöntemde 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçekleri mevcuttur. Genellikle su kaynaklarının karşı karşıya olduğu risklerin belirlenmesi ve optimum kullanımlarının planlanması çalışmalarında uzun süreli zaman ölçekleri (12, 24, 48 aylık gibi) dikkate alınmaktadır. Daha kısa süreli zaman ölçeklerine ait veriler daha tarımsal kullanımlar için faydalı bilgiler sağlamaktadır (Mishra ve Singh, 2010). Bu çalışmada 12 aylık zaman ölçeği kullanılmıştır.

SYI'da normal, gama ve lognormal yağış dağılım verileri kullanılabilen iken normal dağılımlar iklimsel veri çalışmalarına uygun değildir (McKee vd., 1995). Thom (1966), gama dağılımının klimatolojik yağış zaman serilerine daha uygun olduğunu saptamıştır. Gama dağılımı, frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Olasılık fonksiyonlarının gama olasılık dağılım fonksiyonuna dönüşüm formülü aşağıda verilmiştir.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad x>0 \text{ için} \quad (1)$$

Burada, $g(x)$ Gamma Dağılımı, x : yağış miktarını ($x>0$), α : şekil parametresi ($\alpha>0$), β : ölçek parametresini ($\beta>0$) ifade eder.

β ve α 'nın tahmini için maksimum olasılık çözümlerinden faydalanılmaktadır. Buna göre;

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (4)$$

Burada n: Toplam yağış gözlem sayısını ifade etmektedir. Olasılık tanımlamaları eldeki verilerle yapılmaktadır. Bu tanımlamalar istenilen bir aydaki gözlenen bir verinin kümülatif olasılığını hesaplamak için kullanılabilir ve aşağıdaki formül ile tanımlanmaktadır.

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (6)$$

x=0 için Gamma fonksiyonu tanımsız olduğundan ve yağış dağılımı sıfır (0) değerler içerdiğinden kümülatif olasılık yeniden aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$H(x) = q + (1 - q)Gx \quad (7)$$

Üstteki eşitlikte q=yağış sıfırın olasılığıdır. m yağış serisindeki sıfır ölçümlerinin sayısı ise q = m / n eşitliği ile belirlenir.

SPI belirli bir zaman dilimi içerisindeki yağışın, ortalama yağış değerinden farkının standart sapmaya bölünmesi ile hesaplanmaktadır (McKee vd., 1993).

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma} \quad (8)$$

SPI: Standartlaştırılmış Yağış İndeksi

X_i : Yıllık yağış miktarının normalleştirilmiş miktarı,

$\bar{X}_i$: Her bir istasyon için seçilen zaman aralığında yağış ortalaması,

σ : Her bir istasyona ilişkin değerlerin zaman aralığı içindeki standart sapması

Hesaplanan indeks değerlerinde <0 yani negatif değerler kuraklığı ifade etmektedir (Tablo 1).

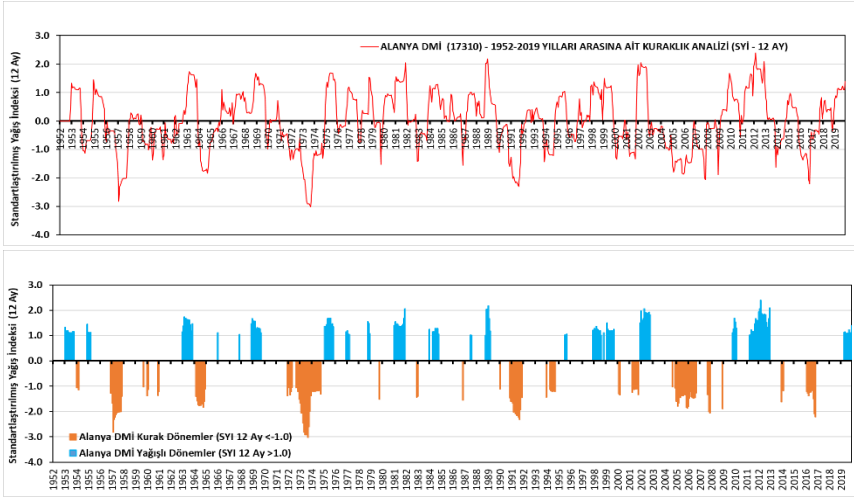
Tablo 1. SPI Kuraklık sınıflaması (McKee vd., 1993)

Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı	Standart Yağış İndisi (SPI)
Aşırı yağışlı	2 ve üzeri
Çok yağışlı	1.5 — 1.99
Orta yağışlı	1 — 1.49
Normale yakın nemli	0.5 — 0.99
Normal	-0.499 — 0.499
Normale yakın kurak	-0.5 — -0.99
Orta düzeyde kurak	-1 — -1.49
Şiddetli kurak	-1.5 — -1.99
Aşırı kurak	-2 ve altı

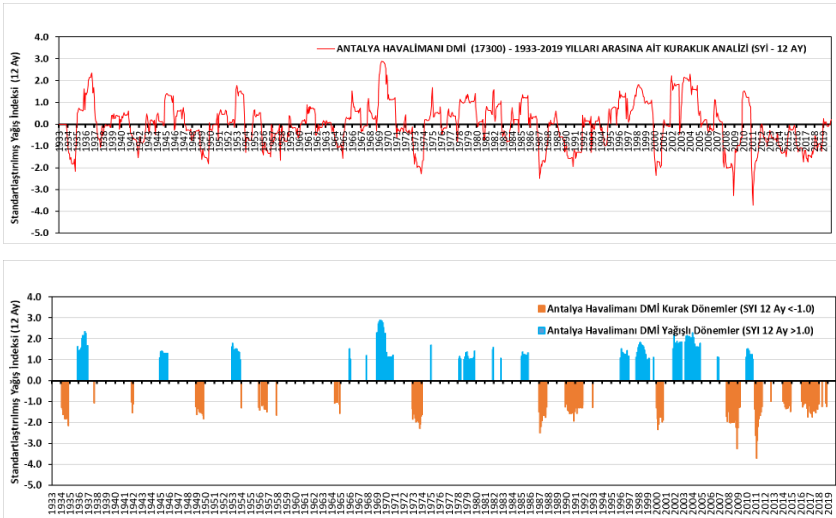
2. Bulgular ve Tartışma

Antalya ilinin kuraklık analizini gerçekleştirmek için Alanya, Antalya Havalimanı, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli, Manavgat, Kaş ve Kale-Demre Devlet Meteoroloji İstasyonlarının uzun dönem ölçülmüş aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Alanya DMİ’de 1952-2019 yılları arasında, Antalya Havalimanı DMİ’de 1933-2019 yılları arasında, Elmalı DMİ’de 1958-2019 yılları arasında, Finike DMİ’de 1960-2019 yılları arasında, Gazipaşa DMİ’de 1970-2019 yılları arasında, Korkuteli DMİ’de 1969-2019 yılları arasında, Manavgat DMİ’de ise 1959-2019 yılları arasında ait uzun süreli ve eksiksiz yağış verileri bulunmaktadır. Kaş ve Kale-Demre DMİ’lerde yağış verileri bazı yıllarda ölçülmemiş olup eksiklikler içermektedir. Bu nedenle, bu istasyonlar için grafikler hazırlanmamış, hesaplanan kuraklık indeks değerleri konumsal haritaların oluşturulmasında kullanılmıştır.

Alanya Meteoroloji İstasyonunda 12 aylık zaman ölçeğinde standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi ile yapılan kuraklık analizlerine göre elde edilen grafikler Şekil 2’de sunulmuştur. Buna göre 1981, 2002 ve 2012 yıllarında aşırı yağışlı dönemler yaşanmıştır. Kuraklık durumuna bakıldığında ise 1957-1958 yılları arasında 11 ay süre ile, 1973-1974 yıllarında 22 ay süre ile, 1991-1992 yılları arasında 14 ay süre ile, 2007-2008 yılları arasında 11 ay süre ile ve 2016-2017 yılları arasında 12 ay süre ile aşırı kurak periyodlar yaşanmıştır.

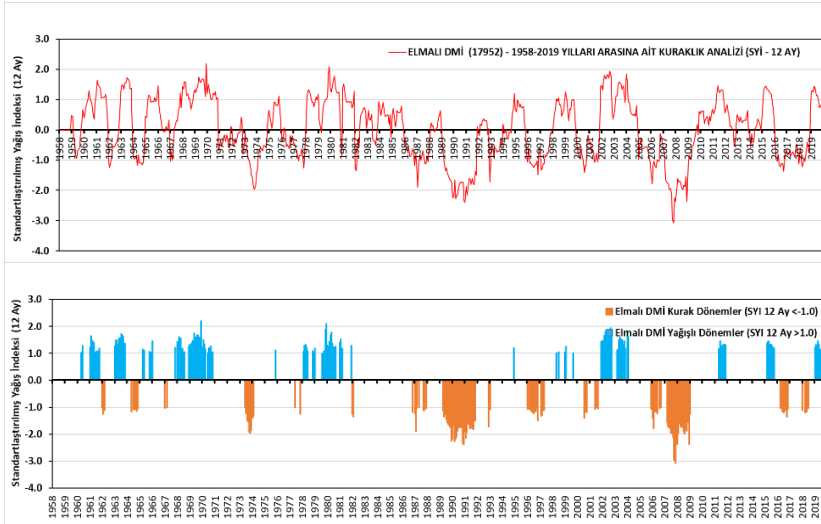


Antalya Havalimanı Meteoroloji İstasyonunda 12 aylık zaman ölçeğinde ölçülmüş olan yağış verileri kullanılarak yapılan kuraklık analiz sonuçları Şekil 3’de sunulmuş olan grafiklerde görülmektedir. Hesaplanmış olan SYI değerlerine göre 1936, 1970, 2002, 2004 yıllarında aşırı yağışlı dönemler yaşanmıştır. Genel olarak bakıldığında ise normale yakın nemli dönemlerin hakim olduğu görülmektedir. Kuraklık değerlendirmelerine göre ise 1934-1935 yılları arasında 3 ay süre ile, 1973-1974 yıllarında 6 ay süre ile, 1987-1988 yılları arasında 13 ay süre ile, 2000-2001 yılları arasında 10 ay süre ile, 2008-2009 yılları arasında 21 ay süre ile ve 2011-2012 yılları arasında 13 ay süre ile aşırı kurak periyodlar yaşanmıştır.

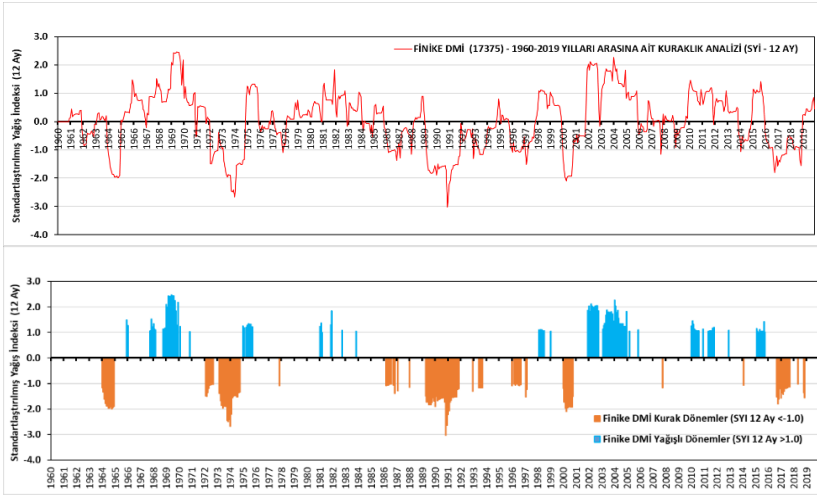


Şekil 4’de verilmiş olan grafiklerde Elmalı Devlet Meteoroloji İstasyonunda ölçülmüş olan yağış verileri kullanılarak yapılan kuraklık analiz sonuçları görülmektedir. Elde edilen sonuçlar genel olarak nemli ve orta yağışlı dönemlerin hakim olduğunu, 1970 ve 1980 yıllarında ise aşırı yağışlı dönemlerin yaşandığını göstermektedir. Bunun yanında Aralık-1989 ile Aralık-1991 yılları arasında 24 aylık bir süre boyunca, Eylül-2007 ile Ekim-2009 yılları arasında 25 aylık bir süre boyunca kuraklık yoğun olarak hissedilmiş ve aşırı kurak dönemler gözlenmiştir.

Finike Meteoroloji İstasyonunda 12 aylık zaman ölçeğinde standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi ile yapılan kuraklık analizlerine göre elde edilen grafikler Şekil 5’de verilmiştir. Hazırlanan grafiklerde görüldüğü gibi 1969, 1970, 2003, 2005 yıllarında aşırı yağışlı dönemler yaşanmıştır. Genel olarak yağışlı dönemlere bakıldığında hesaplanan indeks değerlerinin 0 ile 1 arasında değiştiği ve normale yakın nemli dönemlerin yaygın olarak yaşandığı söylenebilir. Kurak dönemler incelendiğinde ise 1964 yılının Ekim Kasım ve Aralık aylarında, Ekim-1973 ile Aralık-1974 yılları arasında 14 aylık süre boyunca, Kasım-1990 ile Ekim-1994 yılları arasında 47 aylık süre boyunca ve Nisan-2000 ile Kasım-2001 yılları arasında 19 aylık süre boyunca aşırı kurak periyotlar yaşanmıştır.

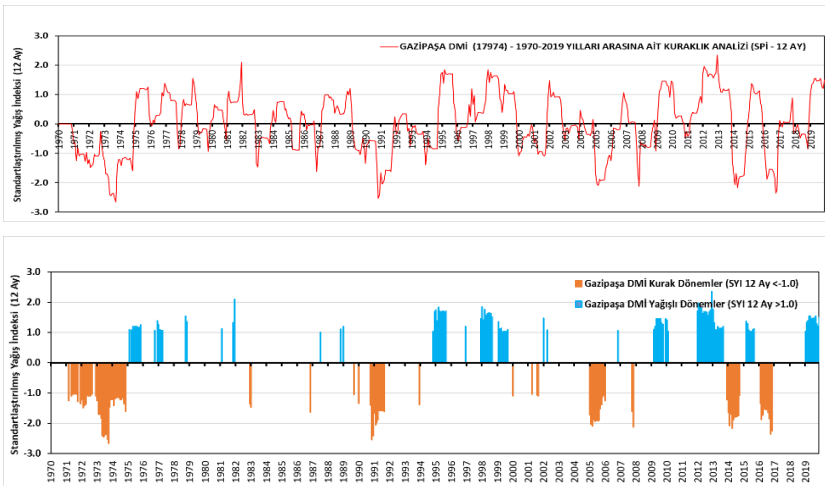


Şekil 4. Elmalı DMI 12 aylık zaman ölçeğinde SYI kuraklık indeksleri



Şekil 5. Finike DMI 12 aylık zaman ölçeğinde SYI kuraklık indeksleri

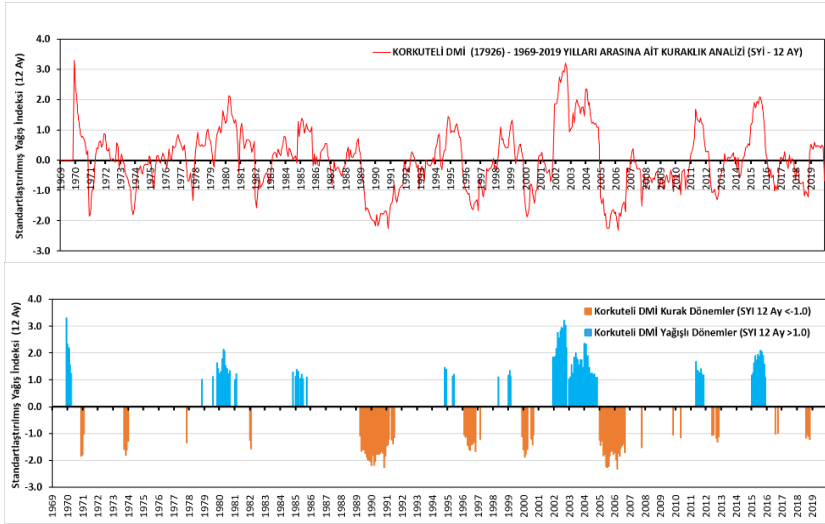
Şekil 6'da verilmiş olan grafiklerde Gazipaşa Devlet Meteoroloji İstasyonunda ölçülmüş olan yağış verileri kullanılarak yapılan kuraklık analiz sonuçları görülmektedir. Elde edilen sonuçlar genel olarak normale yakın nemli ve orta yağışlı dönemlerin hakim olduğunu, sadece 1982 ve 2013 yıllarında aşırı yağışlı dönemlerin yaşandığını göstermektedir. Kurak dönemlerin hakim olduğu zaman aralıklarına bakıldığında ise Mayıs-1973 ile Ocak-1975 yılları arasında 20 aylık süre ile, Kasım-1990 ile Aralık-1991 yılları arasında 13 aylık süre ile, Şubat-2005 ile Eylül-2006 yılları arasında 19 aylık süre ile, Kasım-2007 ile Kasım-2008 yılları arasında 12 aylık süre ile, Şubat-2014 ile Ocak-2015 yılları arasında 11 aylık süre ile, Ekim-2016 ile Ocak-2017 yılları arasında 3 aylık süre ile aşırı kurak dönemler gözlenmektedir.



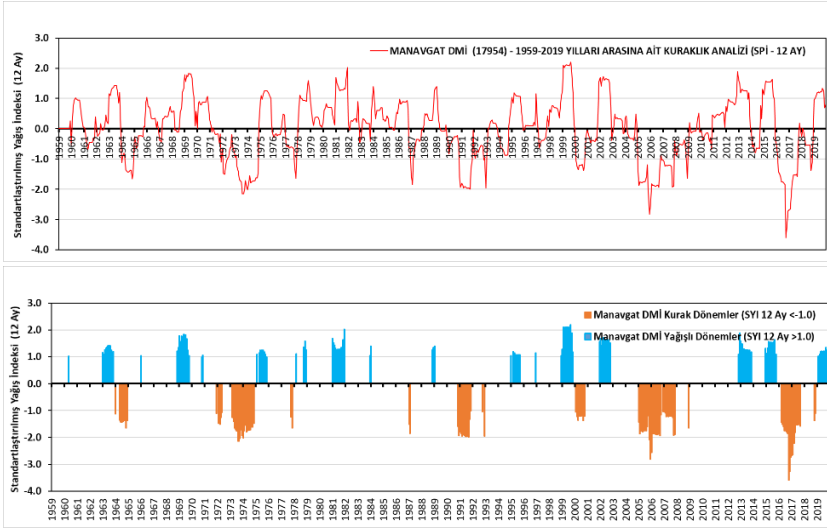
Şekil 6. Gazipaşa DMI 12 aylık zaman ölçeğinde SYI kuraklık indeksleri

Korkuteli Meteoroloji İstasyonunda standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi ile yapılan kuraklık analizlerine göre elde edilen grafikler Şekil 7’de verilmiştir. Hazırlanan grafiklerde görüldüğü gibi 1970, 1980, 2002, 2004 ve 2015 yıllarında aşırı yağışlı dönemler yaşanmıştır. Genel olarak yağışlı dönemlere bakıldığında ise hesaplanan indeks değerleri 0 ile 1 arasında değişerek normale yakın nemli dönemleri işaret etmektedir. Kurak dönemlere bakıldığında ise sadece Aralık-1989 ile Mayıs- 1992 yılları arasında 29 aylık bir süre ile Haziran-2005 ile Ocak-2007 arasında 19 aylık bir süre bölgede aşırı kurak dönemler yaşanmıştır.

Şekil 8’de Manavgat Devlet Meteoroloji İstasyonunda ölçülmüş olan yağış verileri kullanılarak yapılan kuraklık analiz sonuçlarına ait grafikler sunulmuştur. SYI yöntemi ile hesaplanan kuraklık indeks değerlerinin dağılımı genel olarak nemli ve orta yağışlı dönemlerin hakim olduğunu, sadece 1982 ve 1999 yıllarında aşırı yağışlı dönemlerin yaşandığını göstermektedir. Kurak periyodlar incelendiğinde ise Ağustos-1973 ile Aralık-1974 yılları arasında 16 aylık bir süre boyunca, Kasım-2005 ile Şubat-2009 yılları arasında 39 aylık bir süre boyunca ve Ekim-2016 ile Kasım-2017 yılları arasında 13 aylık bir süre boyunca aşırı kurak dönemler gözlenmiştir.

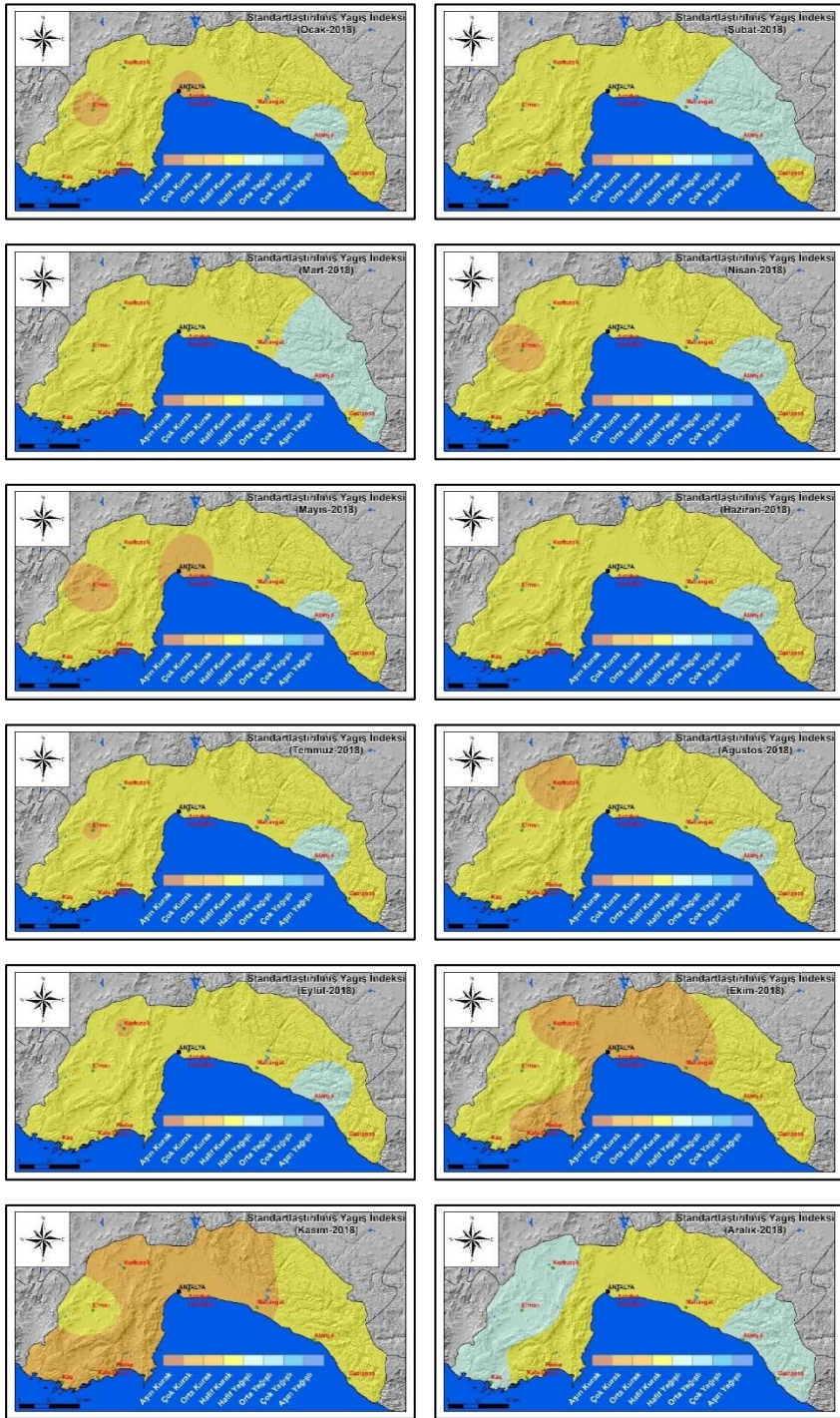


Şekil 7. Korkuteli DMİ 12 aylık zaman ölçeğinde SYI kuraklık indeksleri

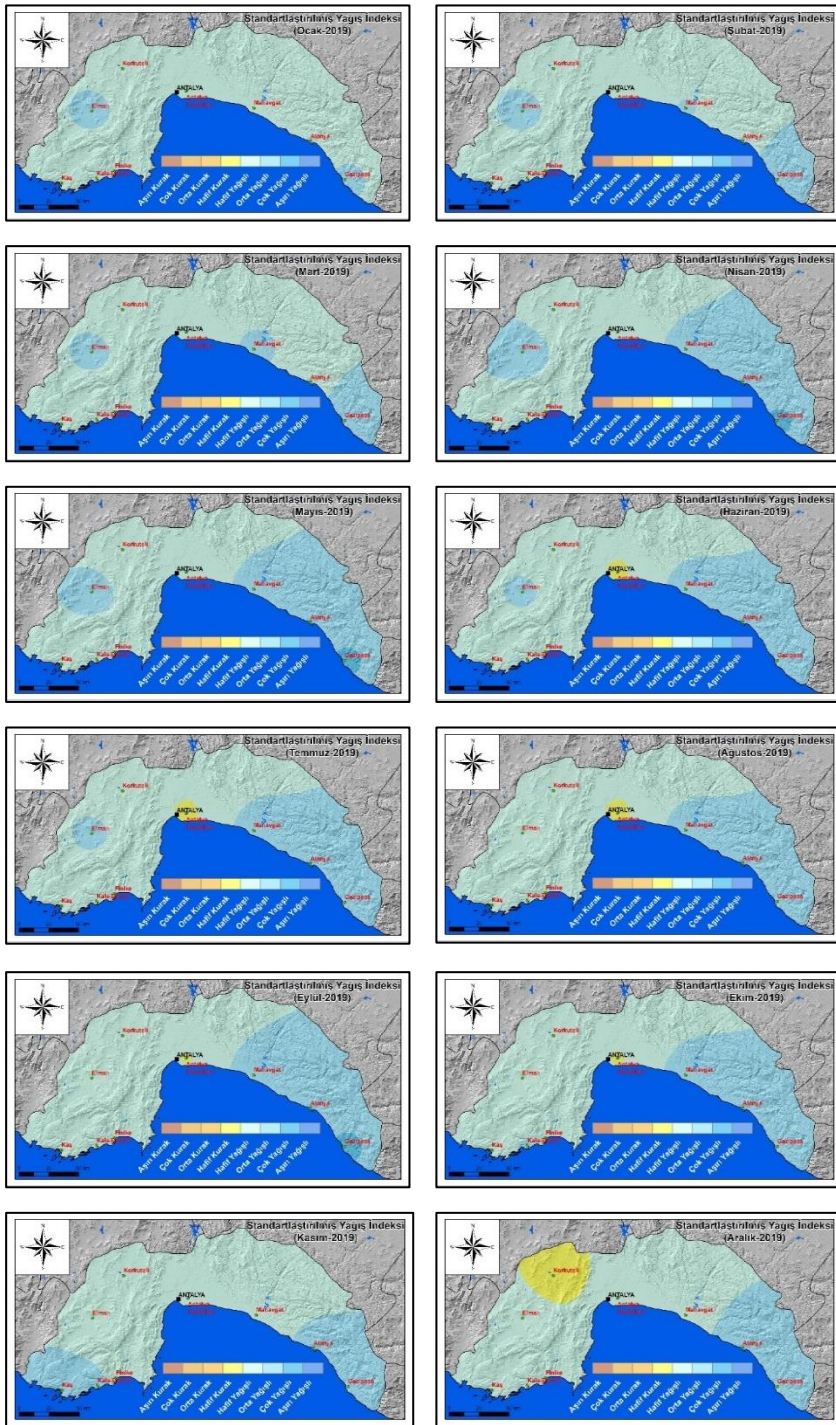


Şekil 8. Manavgat DMI 12 aylık zaman ölçeğinde SYI kuraklık indeksleri

Alanya, Antalya Havalimanı, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli, Manavgat, Kaş ve Kale-Demre Devlet Meteoroloji İstasyonlarında ölçülmüş uzun yıllara ait yağış verileri ile hesaplanan SYI değerleri CBS veri tabanına kaydedilmiştir. Bu aşamada, ArcGIS yazılımı kullanılarak IDW interpolasyon yöntemi ile Antalya ili için kuraklık haritaları oluşturulmuştur. 2018 ve 2019 yıllarına ait aylık kuraklık haritaları Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 9. Antalya İli'nin 2018 yılına ait aylık meteorolojik kuraklık haritaları



Şekil 10. Antalya İli'nin 2019 yılına ait aylık meteorolojik kuraklık haritaları

2018 yılı Ocak ayında Antalya il geneli hafif kurak, Elmalı ve Antalya Merkez Orta kurak, Alanya bölgesi ise hafif yağışlı geçmiştir. Şubat ve Mart aylarında ise Manavgat bölgesi de hafif yağış almış ve diğer tüm bölgelerde hafif kuraklık gözlenmiştir. Nisan ayında yağışlar doğu kesimlerde sadece Alanya bölgesinde gözlenmiştir. Elmalı bölgesinde ise orta kuraklık gözlenmiştir. Antalya İlının diğer bölgeleri hafif kuraktır. Mayıs ayında Elmalı ile birlikte Antalya Merkez bölgesi de orta kuraklık yaşanmış, Alanya bölgesi yine hafif yağışlıdır. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında hafif yağışlı olan Alanya bölgesi hariç tüm bölgeler hafif-orta kuraktır. Ekim ayında ise Manavgat, Antalya Merkez, Korkuteli, Finike ve Kale-Demre bölgelerinde orta kuraklık yaşanmış, diğer tüm bölgeler ise hafif kuraktır. Kasım ayında Ekim ayından farklı olarak Kaş bölgesi de orta kurak geçen bölgelere eklenmiştir. Yılın son ayı Aralık ayında ise Kaş, Elmalı, Korkuteli, Alanya ve Gazipaşa bölgeleri hafif yağışlı iken diğer tüm bölgeler hafif kuraktır.

2019 yılına ait kuraklık haritaları incelendiğinde ise 2018 yılına göre daha yağışlı dönemler yaşanmıştır. Ocak ve Şubat aylarında Elmalı ve Gazipaşa bölgeleri orta yağışlı, diğer tüm bölgeler hafif yağışlıdır. Mart ayında Elmalı ve Gazipaşa bölgeleri ile birlikte Manavgat bölgesi de orta yağışlı geçmiştir. Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ise Alanya bölgesi de orta yağışlı bölgelere eklenmiştir. Diğer tüm bölgeler hafif yağışlıdır. Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında sadece Antalya Merkez bölgesinde hafif kurak dönem gözlenmiştir. Diğer tüm bölgeler hafif-orta yağışlıdır. Eylül ayında ise farklı olarak sadece Gazipaşa bölgesi çok yağışlı geçmiştir. Kasım ayında tüm bölgeler hafif-orta yağışlıdır. Aralık ayında ise Korkuteli bölgesi hafif kurak, Alanya ve Gazipaşa bölgeleri orta yağışlı, diğer tüm bölgeler ise hafif yağışlıdır.

3. Sonuçlar

Günümüzde etkisini artırarak göstermeye başlayan en önemli sıkıntılardan birisi iklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan kuraklıktır. Özellikle Akdeniz Bölgesinde yağışların ortalamasının altında kalması ile birlikte ciddi kuraklık tehlikesi öngörülmektedir. Bu durum bölgede önemli ölçüde su sıkıntılarının yaşanmasına sebep olacaktır. Bununla birlikte bölgedeki tarımsal üretimde sıkıntılar beklenmektedir. Bu çalışmada Akdeniz Bölgesinde bulunan Antalya ilinin kuraklık analizleri gerçekleştirilerek kuraklığın konumsal dağılımları irdelenmiştir. Standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi ile ve 12 aylık zaman ölçeğinde gerçekleştirilen analizler sonucunda özellikle Antalya merkez ve ilin batı kesimlerinde Ekim ve Kasım (2018) aylarında kuraklığın daha yoğun gözlemlendiği belirlenmiştir. 2019 yılı ise il genelinde hafif ve orta yağışlı geçmiştir. Akdeniz Bölgesinin iç kesimlerinde, Göller Bölgesinde yapılan kuraklık analizleri incelendiğinde son yıllarda kurak dönemlerin yaşandığı belirlenmiştir. Şener ve Şener,

(2021) tarafından yapılan çalışmada Burdur Gölü çevresi ile göl havzasının güney kesimlerinde 2019 yılında hafif ve orta kurak dönemlerin yaşandığı tespit edilmiştir. Burdur Gölü havzası içerisinde bulunan Çorak Gölü havzasında ise 2015 ve 2016 yıllarının hafif yağışlı geçtiği belirlenmiştir (Şener ve Şener, 2019)

Dinç vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada, Antalya bölgesi için Ağustos 2010'da aşırı kurak dönemin yaşandığı ve bu yörede orta ve daha üstü şiddette kuraklık olasılığın her zaman mümkün olacağı belirtilmektedir. Sunulan çalışma sonucunda elde edilen veriler de bunu göstermektedir. 2018 yılına ciddi ve yaygın olarak il genelinde kurak dönemler yaşanmıştır. 2019 yılı ise 2018 yılına göre kısmen daha yağışlı geçmiştir. Ancak, özellikle yapılan küresel dolaşım model çalışmalarının sonuçlarına göre bölge gelecek yıllarda ciddi kuraklık tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır. Bu nedenle, özellikle su yönetimi, tarımsal üretim ve tarım politikaları konularında sürdürülebilir yönetim planlamalarının yapılması önerilmektedir.

4. Referanslar

- Dinç, N., Aydınşakir, K., Işık, M., & Büyüktaş, D. (2016). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili kuraklık analizi. *Derim*, 33(2), 279-298.
- Dubrovsky, M., Svoboda, M. D., Trnka, M., Hayes, M. J., Wilhite, D. A., Zalud, Z., & Hlavinka, P. (2009). Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. *Theoretical and Applied Climatology*, 96(1), 155-171.
- Hui-Mean, F., Yusop, Z., & Yusof, F. (2018). Drought analysis and water resource availability using standardised precipitation evapotranspiration index. *Atmospheric Research*, 201, 102-115.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1995), Drought tmonitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology (s. 233–236). Boston: American Meteorological Society.

- McKee, T., Doesken, N., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology* (s. 179-184). Anaheim, California: American Meteorological Society.
- Mishra, A.K., & Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391, 202–216. Thom, H. C. S. 1966. *Some Methods of Climatological Analysis*. WMO Technical Note No. 81, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 63 pp.
- Sırdaş, S., & Şen, Z. (2003). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 2(2): 95-103
- Şener E., & Şener Ş. (2019). Meteorolojik kuraklığın coğrafi bilgi sistemleri tabanlı zamansal ve konumsal analizi: Çorak Gölü Havzası (Burdur-Türkiye) örneği, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 596-607.
- Şener, E., & Şener, Ş. (2021). SPI ve CZI Kuraklık İndislerinin CBS Tabanlı Zamansal ve Konumsal Karşılaştırması: Burdur Gölü Havzası Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 41-58.
- Thom, H.C.S. (1966). *Some Methods of Climatological Analysis*. WMO Technical Note No. 81, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 63 pp.
- Tsakiris, G., Pangalou, D., & Vangelis, H. (2007). Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Water Resources Management*, 21(5), 821-833.
- Türkeş, M. (1990). Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 129-144.
- Wilhite, D. A. (2000). Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: Wilhite, D.A. (Ed.), *Drought: A Global Assessment*. Routledge, pp. 3-18.
- Yusof, F., & Hui-Mean, F. (2012). Use of statistical distribution for drought analysis. *Applied Mathematical Sciences*, 6(21), 1031-1051.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 12



**Biyolojik Materyaller, Örümcek ağları
(Adile Akpınar)**

Biyolojik Materyaller, Örümcek ağları

Adile Akpınar

Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

E-mail: aozdemir@gantep.edu.tr

1. Giriş

Biyolojik materyal, biyo materyal yada doğal maddeler olarak adlandırılan bu yapılar, özellikle farklı protein dizilimlerinden oluşan basit dizilimler olup mekanik özellikleri üstün olan karmaşık kompozitlerdir (Meyers vd.,2008). Bu kompleks bileşiklerin yapılarının zamanla aydınlatılması ile günümüzde pek çok alanda kullanılmaya başlamıştır.

Biyolojik malzemeler canlı doğasına uygun olarak genellikle protein bileşenlerinden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra polisakkaritler, nükleik asitler, polyesterler, hidroksiapatitler veya bunların bileşenlerinde oluşur (Ikada,2002). Biyo-materyaller farklı bileşenlerden oluşmasının yanı sıra farklı işlevlere de sahiptirler. Biyolojik malzemeler insanlığın varoluşundan bu yana pek çok alanda kullanılmışlardır.

Günümüzde başta sağlık alanı olmak üzere tekstil ve plastik ürünlerin kullanıldığı her sahada biyolojik materyaller tercih edilmektedir. Canlıdan alınan ve üzerinde çeşitli çalışmalar yapılabilen başlıca biyolojik materyaller; Kan, idrar,süt, lenf, ter, gözyaşı, amniyon sıvısı, genital sıvılar, taşlar gibi yapılar olabildiği gibi hayvanların doğrudan ürettiği biyolojik malzemelerde biyolojik materyal olarak sayılabilir. Özellikle örümcek ağları son yıllarda üzerine pek çok araştırma yapılan kompleks biyolojik bileşiklerdir.

2. Örümcekler ve ağları

Örümcekler eklembacaklılar şubesinde yer alan ve geniş bir yayılış alanına sahip olan omurgasız hayvanlardır. Günümüzde dünya üzerinde tanımı yapılmış 128 örümcek familyasına ait 49236 tür bulunmaktadır (World spider katalog, 2021). Ülkemizde ise 54 familya ve 1129 örümcek türü tanımlanmıştır (Danışman vd, 2021). Bilinen örümcek kayıtları yaklaşık olarak 374-380 milyon yıl öncesine dayanmaktadır ve *Attercopus fimbriamguis* ‘dur. Örümcekler kozmopolit canlılardır ve çöllerden kutuplara kadar değişen farklı habitatlarda yaşamaktadırlar (Foelix, 1996). Onlar ekosistemin ve besin zincirinin önemli bir halkasını oluştururlar. Çünkü besinlerinin büyük bir kısmını böcekler oluşturur bu nedenle önemli predatörlerdir. Ayrıca, örümcekler sivrisinek ve larvaları ile de beslendiklerinden insanları sivrinekler ile yayılan hastalıklardan da korumaktadırlar (Vankheda, 2013).

Örümcekler ‘örümcek ağı’ olarak bilinen doğal bir materyal üretirler. Ağ örümceğin vücudunun karın (opisthosoma) bölümünde ağ bezlerince üretilir ve uçta yer alan ağ örme memeleri (spinneret) olarak adlandırılan bölümden dışarıya bırakılır. Ağ yapımı sırasında bacaklar da görev yapmaktadır (Şekil1).



Şekil1. *Nephila* örümceğinin ağı.

Örümcekler genel olarak avlanmak, avcılardan kendilerini ve yumurtalarını korumak, sperm depolamak için ağ örerler. Ayrıca ağlarını ip olarak bir yerden bir yere gitmek için de kullanırlar ve yuva yapımında da ağlardan faydalanırlar. Örümceklerin ördükleri ağlar çok hafif, çok güçlü bir yapıdadır ve kırılmadan kendi uzunluklarının 140 katı kadar uzayabilmektedirler (Vollrath ve Knight, 2001). Örümcek ipeği başlangıçta örümceğin vücudu içinde sıvı haldedir ve hava ile temas edince katılaşır. Örümcek ipeğinin sıvı halinin ağırlığı katı halinden on kat daha azdır ve başlangıçta sıvı haldeyken çözünür iken, katılaştığında çözünmez hale gelir (Foelix, 1996). Hava ile temas halinde iken ağlar çözülmemelerine rağmen su ile karşılaştıklarında yapıları çözülmemektedir. Her bir örümcek türü farklı habitatlarda yaşadıklarından farklı ağlar örebilmektedir. Bunlar değerlendirildiğinde 7 türlü örümcek ağ modeli belirlenmiştir (Anderson, 1970). Her biri birbirinden farklı bu ağlar farklı amaçlar için üretilmektedir. Ağlar kurumalarını engelleyen alanin, glisin gibi higroskopik amino asitlerin farklı kompozisyonlarından oluşmaktadırlar. Ayrıca farklı bileşenlere sahip potasyum nitrat ve bifosfat peptid bileşikleri de içerirler. Ağ bezleri aynı tür proteinleri farklı miktarda bulundurduklarından salgılanan örümcek ağları da değişik oranlarda sert protein kristalleri ve yumuşak protein demetleri içerirler.

Gelişen ve ilerleyen biyoteknolojik gelişmeler sayesinde örümcek ağı yapısı çözülmeye başlanmış ve ağla ilgili biyolojik çalışmalar hızlanmıştır.

Örümcek ağları biyo-materyel olarak değerlendirilmekte ve üzerine yapılan araştırmalar ivme kazanmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar sayesinde örümcek ağının töröpatik ve yara iyileştirici özelliklerinden (Seenivasan vd., 2005) dolayı önem kazanmıştır. Ayrıca ağ sinir, kemik, kırıldak dokularındaki yenilenmesinde de önemli rol oynamaktadır (Altman vd., 2003; Schneider vd., 2009; Sionkowska 2011; Wendt vd., 2011). Araştırmalarda tendon ve ligamentlerdeki hasar görmüş dokuları iyileştirdiği belirlenmiştir (Schneider vd., 2009; Hennecke vd., 2013; Bourzac 2015). Bilinen bu özelliklerinin yanı sıra antimikrobial özelliği de çalışılmaktadır. Özellikle dirençli mikroorganizmalar üzerinde farklı biyo materyaller denenmektedir ve bunlar arasında örümcek ağları da yer almaktadır. Tahir vd 2018 de *Pholcus phalangoides* (Fuesslin, 1775) örümcek türünün 2 gram pozitif (*Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pneumoniae*), 2 gram negatif (*Acinetobacter baumannii* and *Pasteurella multocida*) bakterileri üzerindeki çalışmada, örümcek türünün önemli derecede inhibisyon zonu oluşturdıklarını gözlemlemişlerdir. Örümcek ağların, pek çok gram pozitif ve negatif bakteriler üzerindeki etkinlikleri araştırılmış ve halen bakteri gelişimini engellemesi üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar neticesinde elde edilen örümcek ağlarının biyokimyasal yapıları çözünmekte ve rekombinant ağlar üretilmektedir. Örümceklerden doğal yöntemler ile ağlar üretmek hem maliyetli hem de zaman alıcı olduğu için yapısının çözülüp rekombinat teknoloji ile üretilmesi sonraki çalışmalar için önemli bir adımı oluşturmaktadır. Çalışmalar göstermektedir ki farklı örümcek türlerinin farklı bakteriler üzerinde etkinlikleri değişebilmektedir. Bazı türler gram pozitif bakterilerin büyümesini engeller iken, bazı türler gram negatif bakteriler üzerinde etkili olabilmektedir. Örümcek ağlarının yapısında 12-metiltetradekanoik asit ve 14- metilheksadekanoik asitlerin mikroorganizmaların büyümesini engellediği belirlenmesi ve mikroorganizmaların ağı bu asidik asidik yapısı nedeniyle örümcek ipeği üzerinde büyüyemediğini ilk kez gözlemlemiştir (Heimer,1988).

Örümcek ağlarının yapısında bulunan SCP-1 ve SCP-2 peptidleri örümcek ağlarının anti mikrobiyal özellik kazanmasını sağlar (Hsia vd., 2011). Örümcek ağlarının yapısında bulunan glisin, alanin ve pirolidin lifleri antimikrobiyal özelliklere sahiptir ve bu amino asitler ağı kurumasını, antifungal ve anti mikrobiyal özellik kazanmasında etkindir (Chakraborty ve Das, 2009; Gomes vd., 2010). Wright ve Goodacre (2012) tarafından, *Tegenaria domestica* (Agelenidae) türünden elde edilen örümcek ipeğinin Gram pozitif bakteri olan *Bacillus subtilis* türüne karşı bakterostatik bir etki gösterdiğini ve bu amaçla teröpatik olabileceğini önermişlerdir. Mirghani vd. (2012) tarafından yapılan araştırma ile Theraphosidae familyasına ait Brezilya Somon Pembe kuş yiyici tarantulalarından olan *Lasiodora parahybana*’ dan elde ettikleri ağlar, *Bacillus subtilis* ve *E. coli* bakterilerinin büyümesi üzerine yaptıkları analizlerde *B. subtilis* de daha etkili bir

inhibasyona neden olduğunu belirlemişlerdir. *Pholcus phalangioides* (Pholcidae) türünün hem gram pozitif *Listeria monocytogenes*, hemde gram negatif *E. coli* suşlarının büyümesini engelledikleri belirlenmiştir (Roozbahani vd. 2014).

Geniş ve çok miktarda ağa sahip olan Argiopidae familyasına ait *Argiope aurantia* türünden elde edilen ipeğin *B.subtilis*, *E. coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* üzerinde önemli bir inhibisyon etkisi göstermediği ancak Gram negatif bakteriler olan *E.coli* ve *P.aeruginosa*'nın yapışmaya dirençli olduğu üzerine araştırmalar yapılmıştır (Sharma 2014). Örümcek ağlarının yapısında bulunan antimikrobiyal bileşenlerin *Listeria monocytogenes* ve *E. coli* bakterilerinin büyümesini engellediği belirlenmiş (Roozbahani vd., 2014) ve Keiser vd, (2015) tarafından yapılan çalışmada Eresidae familyasına ait *Stegodyphus dumicola* örümcek türüne ait elde ettikleri ağların entemopatojen bakterilerinin büyümesini engellediğini belirlemişlerdir. Zafar vd., (2017) tarafından, örümcek ağ ekstratlarının hem bakterilere karşı hemde funguslara karşı etkinlikleri üzerine yaptıkları araştırmada, ağın *Penicillium digitatum* ve *Aspergillus flavus*'a karşı aktivite göstermediği ancak *Fusarium solani* ve *Aspergillus niger*'e karşı farklı aktiviteler gösterdiğini belirlemiştir. Ağ ekstratlarının maksimum antimikrobiyal etkinliği *B.subtilis* 'e karşı aseton ortamında, *E.coli* için asetatlı ortamda, *P. aeruginosa* bakterilerine metanolda ve *S. aureus* etkinliği etil asetat da gerçekleşmiştir.

Netice olarak önemi son yıllarda anlaşılan örümcek ağlarının temel yapısı çözülmeye başlamış ve başlangıçta sadece geleneksel olarak yaralarda kanamayı durdurmak amacıyla kullanılan ağlar günümüzde ameliyat ipliği, yelek yapımı (kurşun geçirmez), antibakteriyel iplik üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca ağ yapısının çözülmesi ile daha pek çok alanda ağların kullanılacağı ve doğal bileşen olduğu için daha çok tercih edileceği aşıkardır.

3. Kaynaklar

Altman, G.H., Diaz, F., Jakuba, C., Calabro, T., Horan, R.L., Chen, J., Lu, H., Richmond, J. And Kaplan, D.L. (2003). Silk-based biomaterials. *Biomaterials*, 24: 401–416.

Anonim: <https://www.nhm.ac.uk/discover/what-are-spider-webs-made-of.html>

Anderson S. (1970). Amino acids composition of spiders silks. *Comp Biochem Physiol.* 305:705-711

Chakraborty, D. And Das, S., (2009). Antibacterial activities of cobweb protein. 19th *Eccmud* (European Congress of clinical microbiology and infectious diseases), Helsinki, Finland. Abstract No. R2127.

- Danışman, T., Kunt, K.B. and Özkütük, R.S. (2021). The Checklist of the Spiders of Turkey. Version 2019, Online at <http://www.spidersofturkey.info>
- Foelix, R. F. (1996). Biology of spiders. New York ; Oxford, [Stuttgart] : Oxford University Press ; Georg Thieme Verlag.
- Gomes, S., Leonor, I.B., Mano, J.F., Reis, R.L. And Kaplın, D.L., (2010). Functionalized silk biomaterials for bone regeneration. *Semana de engenharia*, 2010: 1-2.
- Heimer, S., (1988). Wunderbare welt der spinnen. 1st Edition, Berlin, landbuch. pp. 13-14.
- Hsia, Y., Gnesa, E., Jeffery, F., Tang, S., And Viera, C., (2011). Spider silk composites and applications. metal, ceramic and polymeric composites for various uses. *In Tech.*, 2: 303-324.
- Ikada, Y. (2002). Biological materials. In *Integrated Biomaterials Science* (pp. 1-23). Springer, Boston, MA.
- Keiser C. N., Demarco A. E., Shearer T. A., Robertson J. A. & Pruitt J. N. (2015). Putative microbial defenses in a social spider: immune variation and antibacterial properties of colony silk. *Journal of Arachnology* 43: 394–399.
- Meyers, M. A., Chen, P. Y., Lin, A. Y. M., & Seki, Y. (2008). Biological materials: structure and mechanical properties. *Progress in materials science*, 53(1), 1-206.
- Mirghani, M.E.S., Kabbashi, N.A., Elfaki, F.A. And Zulkıflı, M.Z.F.B., (2012). Investigation of the spider web for antibacterial activity. *M.I.C.O. Tri. B. E.*, 201: 1-5.
- Roobahani, H., Asmar, M., Ghaemi, N. And Issazadeh, K.Z., (2014). Evaluation of antimicrobial activity of spider silk *Pholcus phalangioides* against Two Bacterial Pathogens in Food Borne. *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 2: 2197-2199.
- Schneider, A., Wang, X.Y., Kaplan, D.L., Garlick, J.A. And Egles, C., (2009). Biofunctionalized electrospun silk mats as a topical bioactive dressing for accelerated wound healing. *Acta Biomater.*, 5: 2570–2578.
- Seenivasan, R., Jassal, M. And Rameshkumar, C., (2005). Studies on structure and properties of nephilaspider silk dragline, *Autex Res. J.*, 5: Article No1

- Sharma S. (2014). A study on spiders as predators in the Agro Ecosystems. *Munis Entomology & Zoology Journal* 9: 80–83.
- Sionkowska, A., (2011). Current research on the blends of natural and synthetic polymers as new biomaterials: Review. *Prog. Polym. Sci.*, 36: 1254–1276.
- Tahir, H.M., Zahra, K., Zaheer, A. And Samuallah, K., (2017). Spider silk: an excellent biomaterial for medical science and industry. *Punjab Univ. J. Zool.*, 32(1): 143-154.
- Vankhede, G., (2013). Diversity of spiders and the free economic services. National Conference on Biodiversity: Status and Challenges in Conservation - 'FAVEO' 2013. p. 3.
- Vollrath, F. and Knight, D.P.,(2001). Liquid crystalline spinning of spider silk. *Nature*, 410(6828): 541-548.
- Wendt, H., Hillmer, A., Reimers, K., Kuhbier, J.W., Scha, F., Allmeling, C., Kasper, C. And Vogt, P.M., (2011). Artificial skin— Culturing of different skin cell lines for generating an artificial skin substitute on cross-weaved spider silk fibres. *PLoS one*, 6: e21833.
- World Spider Catalog (2021). World Spider Catalog. Version 22.0. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on {March,2021}. doi: 10.24436/2
- Wright, S. And Goodacre, S. L. (2012). Evidence for antimicrobial activity associated with common house spider silk. *BMC Res. Notes.*, 5: 326.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 13



**Oyun videolarının Ortaöğretim Öğrencilerinin Şiddete
Yönelik Davranışlarına Etkileri
(Gökhan Kızılışıkoglu, Ayfer Alper)**

Oyun videolarının Ortaöğretim Öğrencilerinin Şiddete Yönelik Davranışlarına Etkileri

Gökhan Kızılsıkıoğlu¹, Prof. Dr. Ayfer Alper²

¹MEB, Anıttepe Anadolu Lisesi,
E-mail: kizilisikoglu@gmail.com

²Ankara Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri ABD,
E-mail: ayferalper@gmail.com

1. Giriş

Oyun videoları, dijital oyun sektörünün yükselen fenomeni olmakla birlikte; sosyal medya platformları olan Twitch, Youtube ve Facebook Gaming gibi ortamlarda, oyuncuların yayımladığı canlı veya kayıtlı oyun oynama kayıtlarıdır. Her oyun akışına “kanal” adı verilir ve tek bir yayıncı, bir yayıncı grubu, bir kuruluş veya bir kanal toplayıcı tarafından yürütülür (Nakandala, Ciampaglia, Su & Ahn, 2016). Oyun yayıncılarının, kanallarında kendilerini izleyiciye gerçek zamanlı olarak oynarken ve yorum yaparken göstermeleri, oyun videolarının çekiciliğini ve izleyici sayısını arttırmıştır (Burroughs & Rama, 2015). Nitekim Cheung ve Huang’ın (2011) yaptığı araştırma sonuçlarına göre bireylerin kendi başlarına oynamak yerine oyun oynayan farklı kategorilerdeki oyuncuları izlemeyi tercih ettiğini göstermiştir (Westwood & Griffiths, 2010). Sosyal medya üzerinden yapılan bu yayınlar için Twitch, Youtube ve Facebook en çok kullanılan platformlardır (Pellicone & Ahn, 2017; May, 2020). May’e (2020) göre 2020 yılının ilk üç ayında Twitch, Youtube, Facebook ve Mixer sosyal medya platformlarında 11,1 milyon farklı kanaldan, 168 milyon saat yayın yapılmış olup, günlük ortalama 1 saat 57 dakika izlenme ile toplam 4,8 milyar saat oyun videosu izlenmiştir (May, 2020).

İzlenen oyun videolarının, genellikle oyuncular tarafından oynanan ve şiddet içerikli oyunlar olduğu bilinmektedir (Children Now, 2001; Dill ve dig., 2001). Çomaklı’ya (2019) göre yayınlanan oyun videolarında, halihazırda dijital oyunlarda bulunan olumsuz öğelerin üzerine daha da fazlası eklenmektedir. Öyle ki çevrimiçi suç bağlantılarının yanında şiddet türleri olan fiziksel, psikolojik, ekonomik, sözel, cinsel ve siber şiddet öğelerinin yanında pornografik öğeler, kumar, alkol ve uyuşturucu gibi öğeler de fazlasıyla yer almaktadır (Polat, 2016). Bu tarz küfür, argo, hakaret ve isyan dili kullanımı sosyal medyada şiddet dilinin oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Çakın ve Bolat, 2018). Yayına katılan izleyiciler kimi zaman para karşılığında yayıncıdan olumsuz isteklerde de bulunabilmektedir. Yayıncı da paranın hesaba geçmesinin ardından isteneni yerine getirmektedir.

Bu istekler genellikle anne-babaya veya aile üyelerine küfür etme, kıyafetlerini çıkartma, alkol içme, erotik içerikler oluşturma veya başka bir oyun hesabını çalma gibi isteklerden oluşmaktadır.

Dijital oyun ve oyun videolarının ortaya koyduğu bu durum, şiddet başta olmak üzere birtakım toplumsal sıkıntıların doğmasına neden olmaktadır. İzleyici kitlenin çocuk ve ergenlerden oluşması dolayısı ile bu videolardaki şiddet öğeleri gündelik yaşama kolayca uyarlanmaktadır (Michaud, 1991). Öyle ki dijital ortam bağımlılığı sonucunda, toplumsal gerçekler ile dijital ortamın gerçeklerinin, bireyler tarafından ayırt edilemez hale geldiği; dijital ortamın algıya anlamsal açıdan tesir edip, onu yeniden yapılandırarak düşünmeyi ve sanal muhakemeyi olumsuz etkilediği, bunun sonucu olarak da sanal ortamda gerçek ile sanal olanın ayrımının belirsizleştiği, hatta birincisinin aleyhine bozulduğu söylenebilir (Erdal, 2012). Michaud'a (1991) göre birey yaşanmış olan şiddet yerine, medya aracılığıyla yansıtılan kadar ve o biçimiyle şiddeti bilir ve o şiddetten öğrenir.

Şiddetin birey, aile ve topluma sosyal, ekonomik, duygusal ve ruhsal açıdan önemli bir yük getireceği ve önlenmediği sürece kuşaktan kuşağa aktarılmasının kaçınılmaz olacağı anlaşılmaktadır (Özgür, Yörükoğlu ve Arabacı, 2011). Gelecekte toplumsal sorunların doğmaması ve sağlıklı nesiller yetişmesi için okullarda ergenlerin şiddete dayalı olumsuz davranışlardan korunması, olumlu psikolojik ve sosyal ilişkiler geliştirmesi gerekmektedir (World Health Organization, 2019).

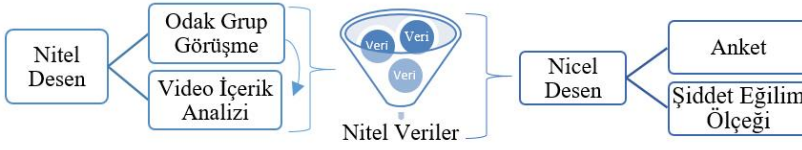
1.1. Araştırmanın amacı

Bu çalışmanın amacı oyun videolarının ortaöğretim öğrencilerinin okul içi şiddete yönelik davranışlarına etkisini incelemektir.

2. Yöntem

2.1. Araştırma modeli

Araştırmada nitel ve nicel verilerin birlikte kullanıldığı sıralı zamanlı karma yöntem kullanılmıştır. Sıralı zamanlı karma yöntemde nitel ve nicel veriler sırayla toplanır ve analizi yapılır (Creswell, 2005; Creswell & Plano, 2005; Clark, 2007; Clark & Creswell, 2015, aktaran Alkan vd., 2019). Bu yöntemi kullanmadaki amaç, her iki desenin de avantajlarından faydalanarak araştırmayı daha derinlemesine yapmaktır. Araştırmanın nitel deseninden elde edilen veriler, karma yöntemin amaçlarından olan geliştirme amacı doğrultusunda nicel desenin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu sayede nitel bulgular, nicel deseni yapılandırmıştır.



Şekil 1. Araştırmanın modeli

Araştırmanın nitel deseninde odak grup görüşmesi ve içerik analizi teknikleri kullanılırken; nicel deseninde ise nitel desenden elde edilen veriler ışığında araştırmacı tarafından geliştirilmiş olan oyun videolarının ortaöğretim öğrencilerinin okul içi şiddete yönelik davranışlarına etkileri anketi ve Haskan ve Yıldırım'a (2012) ait şiddet eğilimi ölçeği kullanılmıştır.

2.2. Evren ve örneklem

Türkiye’de şiddet olaylarının 15-16 yaş grubunda en yüksek seviyeye ulaşması ve bu yaş grubunun ciddi risk faktörü taşıması (Özcebe, Üner ve Çetik, 2006), 11-12 yaş gurubunun şiddet eğilimi %18,5 iken ortaöğretim çağı olan 14-18 yaş gurubunun şiddet eğiliminin %26,4-%29,6 dolaylarında olması (Ekşi ve Yaman, 2010) ve şiddet olayı görülen okul sayısının toplam okul sayısına oranının, ilköğretimde %2 dolaylarındayken ortaöğretimde %15,5 olması (Kılıç, 2007) nedeniyle araştırmada evren, Türkiye’de öğrenim gören ortaöğretim çağındaki ergenler olmakla birlikte; örneklem, Ankara’da bulunan farklı ekonomik, kültürel ve sosyal yapılarıdaki 1594 ortaöğretim öğrencisinden oluşmuştur.

Nitel araştırmadaki örneklemi tesadüfi örneklem yoluyla seçilmiş 61 öğrenci oluştururken; nicel araştırmadaki örneklemi ise kartopu örnekleme yöntemi ile sosyal medyadan ulaşılabilen 1594 öğrenci oluşturmuştur.

2.3. Veri toplama araçları

Odak Grup Görüşme Formu. Oyun videolarına ilişkin öğrenci davranışlarının, tutumlarının ve öğrenmelerinin incelendiği, soruların araştırmacı ve bir uzman eşliğinde hazırlandığı odak grup görüşme formu 2’si demografik bilgiler olmak üzere toplam 12 sorudan oluşmuştur. Görüşmeler tesadüfi örneklem yoluyla seçilmiş öğrenciler ile yapılmıştır. Her görüşme öncesinde öğrencilerin izni alınarak görüşmeler ses kayıt cihazına kaydedilmiştir. Araştırmada grup dinamiğinin korunması, öğrenciler arasındaki etkileşimin artması ve kontrolün sağlanması açısından (Edmunds, 1999) her grup 4 ile 10 katılımcı arasında değişiklik gösterir (Çokluk, Yılmaz ve Oğuz, 2011) şekilde belirlenmiştir.

Şiddet İçerikli Video Denetleme Formu. Odak grup görüşmelerinden elde edilen veriler ışığında, araştırmanın nitel boyutunda ikinci aşamaya

geçilmiştir. Odak grup görüşmeleri ile öğrencilerden elde edilen bilgiler ışığında en çok izlenen 11 farklı yayıncının 173 dakikalık canlı ve kayıtlı oyun videolarına, şiddetin farklı türleri olan sözel, fiziksel, psikolojik, ekonomik, cinsel ve siber şiddet bağlamında içerik analizi formu geliştirilmiştir. İçerik analizinin geliştirilmesinde “Akıllı İşaretler Sınıflandırma Sistemi” (Öktem, Sayıl ve Özen, 2006) ve “Şiddetin Kalitatif (niteliksel) Analizi” (Pazarbaşı, 2018) video içerik analizi kodlama formlarından derlenen kriterler kullanılarak başlangıçta 7 ana ve 34 alt boyutta şiddet temaları içeren bir form geliştirilmiştir. Ardından formun geçerlilik ve güvenilirliğini sağlamak için 5 uzman görüşüne başvurulmuş ve sonuçta 7 ana ve 32 alt boyutta şiddet temaları içeren, şiddet içerikli video denetleme formu geliştirilmiştir. Uygulama kısmı ise psikolojik danışmanlık ve rehberlik ile bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi olmak üzere iki ayrı uzman tarafından (kodlayıcılar) yapılmıştır.

Oyun Videolarının Ortaöğretim Öğrencilerinin Okul İçi Şiddete Yönelik Davranışlarına Etkileri Anketi. Sıralı zamanlı karma yöntemde uygun olarak öncelikle odak grup görüşmesinden elde edilen verilerden yararlanarak “Oyun Videolarının Ortaöğretim Öğrencilerinin Okul İçi Şiddete Yönelik Davranışlarına Etkileri Anketi” geliştirilmiştir. Anket maddeleri daha zengin veri elde etmek için (nitel verilerden yola çıkarak nicel veriler elde etmek için) evet-hayır-bazen gibi farklı formatlarda çoktan seçmeli, çoklu seçim ve açık uçlu olmak üzere 4’ü demografik, 8’i dijital oyun oynama alışkanlıklarına ilişkin ve 17’si de oyun videoları izleme davranışlarına ilişkin veriler elde etmek üzere toplam 29 sorudan oluşmuştur.

Şiddet Eğilim Ölçeği (ŞEÖ). Şiddet eğilim ölçeği Haskan ve Yıldırım (2012) tarafından geliştirilmiş 20 maddelik bir ölçektir. Ölçekten alınabilecek en yüksek değer 60 puan; en düşük değer ise 20 puandır. Yüksek değer bireyin şiddet eğiliminin yüksek olduğu, düşük değer ise bireyin şiddet eğiliminin düşük olduğunu ifade eder. Ölçeğin Cronbach Alpha katsayısı .87 olup .70’in üzeri güvenilirlik için yeterlidir (Büyüköztürk, 2004). Test tekrar test katsayısı da .83 olarak hesaplanmıştır. Pearson korelasyon katsayısının yorumlanmasında .30 ve üzeri olan maddelerin zamana göre kararlılık düzeyleri iyi kabul edilir (Büyüköztürk, 2004). Geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarından elde edilen veriler, ŞEÖ’nün ortaöğretim öğrencilerinin şiddet eğilimlerini ölçmede kullanılabilir bir ölçek olduğunu göstermektedir.

3. Bulgular

Bu bölümde araştırmanın nitel ve nicel boyutunda elde edilen bulgular ayrı başlıklar halinde sunulmuştur.

3.1. Araştırmaya ilişkin nitel bulgular

3.1.1. Oyun videolarının içerik analizine ilişkin bulgular

Westwood ve Griffiths'e (2010) göre yayıncılar story-driven, solo gamers, social gamers, solo limited gamers, hardcore online gamers, solo control/identity gamers ve casual gamers olarak sınıflandırılır. Odak grup görüşmelerinden elde edilen bulgular ışığında farklı sınıflardan belirlenmiş 11 farklı yayıncının, 17 farklı yayınına ait toplam 173 dakikalık yayını, biri bilişim teknolojileri öğretmeni diğeri ise psikolojik danışmanlık ve rehberlik öğretmeni olmak üzere iki farklı kodlayıcı tarafından şiddet içerikli video denetleme formu kullanılarak kodlanmıştır. Analizde, canlı yayınlarda en az 20 bin ve kayıtlı yayınlarda ise en az 100 bin görüntülenme alan videolar seçilmiştir.

Tablo 1: İçerik Analizi Yapılan Oyun Videolarındaki Şiddet Unsurlarının Sayısal Sonuçları

Video No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Toplam
Sözel Şiddet																		
Küfür	42	59																
Argo		29	43															
Nefret	1	1	40	86														
Alay				85	86													
Tehdit		1	1	29	53													
Lanet Okuma			10	98	99													
Fiziksel Şiddet																		
Dövmek (Tekme, Tokat)			12															
Bir Araçla Dövme																		
İtip Kalkma																		
Çevreye Zarar Verme										1								
Ateşli-Delici Silah Kul.												8	3	6	5			
İşkence																		
Ağır Yaralanma Görüntüleri	2																	
Psikolojik Şiddet																		
Korkutma		1	2															
Suçta Yöneltilme		1	23															
Aşağılama		1	2															
Teşvik Etme (Alkol vb.)	1			1	1													
Cinsel Şiddet																		
İfşacılık																		
Röntgencilik																		
Pornografik Öğeler																		
Kıyafet Çıkarma																		
Cinsel Aşağılama	1			4	4													
Kaba Cinsel Şakalar	1					4												
Siber Şiddet																		
Oyun Hesabı Çalma																		
Takipçi Olmaya Zorlama																		
Ekonomik Şiddet																		
Maddi Bağış Talep Etme																		
Olumsuz Davranışlar																		
Ayrımcılık			1															
Alkol İçmek				3	1													
Sigara vb. İçmek																		
Uyuşturucu Tüketmek							8											
Kanunsuzluğa Özendirmek								15										
Toplam Şiddet Unsuru	108																	
	100																	
	141																	
	185																	
	85																	
	216																	
	30																	
	146																	
	171																	
	110																	
	153																	
	135																	
	388																	
	18																	
	173																	
	90																	
	122																	
	2371																	

Tablo 1'e göre içerik analizi yapılan oyun videolarında çoktan aza doğru sözel ve fiziksel şiddet, olumsuz davranışlar ile psikolojik, cinsel ve siber şiddet ana temaları olmak üzere toplam 2371 adet şiddet unsuruna rastlanmıştır.

Tablo 2: İçerik Analizi Sonucunda Belirlenen Şiddet Unsurlarının Frekans (f) ve Yüzde (%) Değerleri

Alt tema	f	%
Küfür	1331	56,01
Argo	724	30,5
Sigara vb içmek	90	3,8
Kaba cinsel şakalar	42	1,77
Suça yöneltme	41	1,73
Alay	29	1,22
Aşağılama	20	0,84
Tesvik etme	18	0,76
Dövme	17	0,72
Cinsel aşağılama	14	0,59
Çevreye ve eşyaya zarar verme	9	0,38
Tehdit	8	0,34
Bir araçla dövme	6	0,25
Ayrımcılık	5	0,5
Kanunsuzluğa özendirmek	4	0,17
İtip kalkma	3	0,13
Alkol içme	3	0,13
Lanet okuma	2	0,08
Ağır yaralanma görüntüleri	2	0,08
Korkutma	2	0,08
Oyun hesabı çalma	1	0,04
Pornografik öğeler	1	0,04
Toplam	2371	100

Tablo 2 incelendiğinde en çok kullanılan şiddet türünün “küfür” ve “argo” alt temaları başta olmak üzere sözel şiddet, en az kullanılan şiddet türünün ise “oyun hesabı çalma” alt teması ile siber şiddet olduğu söylenebilir.

İçerik analizi yapılan videolarda yayıncıların çoğunlukla türkçe-yabancı pop, türkçe-yabancı rap, metal ve rock müzik tarzlarında hareketli müzik türlerini seçtikleri görülmüştür. Uluçay’ın (2018) araştırmasına göre metal ve rock müzik; Coyne & Padilla-Walker’ın (2015) araştırmasında ise rap ve metal müzik dinleyen ergenlerin şiddet eğilimleri daha yüksektir.

3.2. Araştırmaya ilişkin nicel bulgular

3.2.1. Öğrencilerin sosyal medya platformlarında yayınlanan oyun videolarını izlemelerine yönelik bulgular

Oyun videolarını izlemeyenlerin (%50,1) çoğunlukta olduğu, buna karşın büyük bir kesimin bu videoları izlediği (%40,4) ve küçük bir kesimin ise

konu hakkında bilgisi olmadığı (%9,5) görülmektedir. Bu bulgu çalışmaya ait nitel araştırma bulgularıyla örtüşmektedir.

3.2.2. Öğrencilerin oyun videolarını izlemek için günlük ortalama ne kadar zaman harcadıklarına yönelik bulgular

Oyun videolarını izlediklerini belirten öğrencilerin çoğunluğu oyun videolarını izlemek için günlük 1 saatten az (%43,5) zaman ayırmaktadır. Günde 1-2 saatini oyun videolarına ayıran öğrencilerin oranı (%27,9) ise ortalamanın ($\bar{X}$ =%16,6) üzerindedir. Günde 2-3 saat izleyenler (%5,6) ile 3-4 saat izleyenlerin (%5,1) oranı birbirine yakın ve ortalamanın altındadır. 4-5 saat izleyenlerin (%2,5) oranı ise ortalamanın altında ve en düşük seviyedir. Başka bir ifadeyle öğrencilerin oyun videolarını izlemeye ayırdıkları günlük ortalama zaman 1 saatin altındadır. Elde edilen bulgular nitel araştırma bulguları ve TwitchTracker'nin (2020) sonuçları ile benzerlik gösterirken; Baykul (2019), Hawley (t.y.) ve Üngören'in (2020) sonuçları ile farklılık göstermektedir. Nitel araştırma ve TwitchTracker'nin (2020) bulgularına göre 1 saatin altında izledikleri; Hawley (t.y.) ve Üngören'nin (2020) bulgularında ise günlük ortalama 1-2 saat arasında izledikleri, Baykul'un (2019) bulgularında 2-4 saat arasında izledikleri sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.3. Öğrencilerin oyun videolarını izleme sebeplerine yönelik bulgular

Oyun videolarını izleme nedenlerini belirlemek amacıyla öğrencilerin verdiği yanıtlara ait verilerin frekans ve yüzde değerleri tablo 3'te verilerek incelenmiştir.

Tablo 3:Sosyal Medyada Yayınlanan Oyun Videolarını İzleme Nedenleri İle İlgili Frekans Ve Yüzde Değerleri

İzleme Nedeni	f	%
Vakit geçirmek için	387	24,3
Sıkıldığım için	342	21,5
İyi bir oyuncu olmak ve yeni taktikler öğrenmek için	266	16,7
Sahip olduğum donanım o oyunu oynamaya yetmediği için	132	8,3
Yeni bir oyun satın almadan önce görmek için	111	7
Yayıncıların küfürlü konuşmaları samimi geldiği için	65	4,1
Cinsel öğelerin yer alması ilgimi çektiği için	23	1,4
Diğer	268	16,8
Toplam	1594	100

Elde edilen bulgulardan “vakit geçirmek için ve sıkıldığım için” izleme nedenleri ile nitel araştırma bulguları, Hamilton, Garretson ve Kerne (2014), Lu vd. (2018), Baykul (2019) ve Ramirez vd.'nin (2020); “İyi bir oyuncu olmak ve yeni taktikler öğrenmek için” izleme nedeni ile Petrova ve Gross (2017), Baykul (2019), OC&C (2020), Ramirez vd. (2020), Hershey (2019) ve Lu vd.'nin (2018); “Sahip olduğum donanım o oyunu oynamaya yetmediği için” ve “Yeni bir oyun satın almadan önce görmek için” izleme

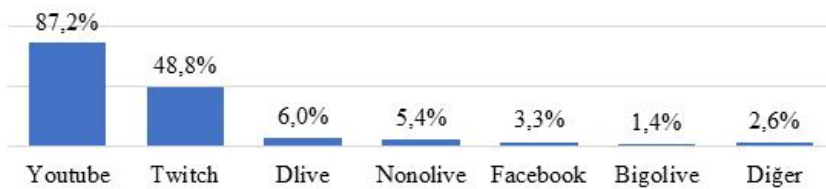
nedenleri ile Baykul'un (2019); yayıncı kaynaklı nedenler ile Baykul (2019) ve OC&C'nin (2020) araştırma sonuçlarındaki bulgular ile benzerlik göstermektedir.

3.2.4. Öğrencilerin covid-19 pandemi sürecinde oyun videosu izleme alışkanlıklarına yönelik bulgular

Öğrencilerin çoğunluğu pandemi sürecinde oyun videolarını izleme alışkanlıklarının arttığını (%54,5), ortalamanın üzerinde bir kısmı herhangi bir değişiklik olmadığını (%38,2) ve küçük bir kısmı da (%7,3) azaldığını belirtmişlerdir. Elde edilen bulgular alanyazındaki birçok çalışma ile benzerlik göstermektedir (Jaeger, Zarb & David, 2020; StreamHactchet, 2020; Cohen, 2020; May, 2020; Daniele & Hslop, 2020; Clement, 2021).

3.2.5. Oyun videolarının öğrenciler tarafından en çok izlendiği sosyal medya platformlarına yönelik bulgular

Şekil 2'de öğrencilerin oyun videolarını en çok izlediği sosyal medya platformları gösterilmiştir.



Şekil 2: Oyun videolarının en çok izlendiği sosyal medya platformları

Elde edilen bulgular, nitel araştırma bulguları, Baykul (2019) ve May'in (2020) verileri ile benzerlik gösterse de tam olarak örtüşmemektedir. Çalışmanın nitel araştırma bulgularında ilk sırada Twitch ardından Youtube; May'e (2020) göre Twitch, Youtube ve Facebook olarak sıralanırken, Baykul'un (2019) bulgularında en çok tercih edilen platform Twitch ve ardından Youtube olmuştur.

3.2.6. Öğrencilerin izledikleri oyun videolarının içeriğinden, yapılan sohbetlerden, oynanan oyundan, yayıncının kimliğinden vb. Ebeveynlerinin bilgisine yönelik bulgular

Öğrencilerin çoğunluğu ebeveynlerinin bu yayınların içerikleri hakkında bilgi sahibi olmadığını (%35,9) belirtmişlerdir. Elde edilen bulgu Saltuk ve Erciyes'in (2020) sonuçları ile benzerlik göstermekte, aynı şekilde Akbaş ve Dursun'un (2020) araştırmalarında da ebeveynlerin büyük çoğunluğunun dijital okuryazar olmamakla birlikte, içerikler hakkında bilgi sahibi olmadığını göstermektedir. Söğüt'ün (2020) araştırmasında ise elde edilen bulgudan farklı olarak ebeveynlerin dijital oyunlar ve türevlerindeki içeriklerden ve şiddet unsurlarından haberleri olduğu bulunmuştur

3.2.7. Öğrencilerin oyun videolarında maruz kaldığı şiddet unsurlarını sosyal ilişkilerine yansıtmalarına yönelik bulgular

Öğrencilerin çoğunluğu oyun videolarından öğrendikleri olumsuz davranışları arkadaşları arasında kullanmadığını (49,7), ortalamanın altında bir kısım bu davranışları kullandığını (%22,6) ve bazen kullandığını (%27,7) belirtmiştir. Baykul'a (2019) göre izleyicilerin büyük bir çoğunluğu (%62) yayıncıyı rol model almadıklarını ancak hayranlık duyduklarını (%38); Baker ve Kavşut (2007) ise bireylerin birbirlerini etkilediklerini belirtmiştir.

3.2.8. Oyun videolarında öğrencileri rahatsız eden unsurlara yönelik bulgular

Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu rahatsız olmadıklarını (%66,3), ortalamanın altında bir kısım bazen rahatsız olduklarını (%19,8) ve küçük bir kısım da (%9,4) rahatsız olduklarını belirtmişlerdir. Özellikle rahatsız eden bir unsurun olup olmadığı ile ilgili açık uçlu soruya öğrenciler yayın esnasındaki oyundan, yayıncı ve izleyici kaynaklı aşırı veya sürekli küfürden, argodan, hakaretten, cinsiyetçilikten, cinsel şakalardan, alay ve aşağılamalardan, yayıncıların gereksiz yere verdiği yüksek sesli tepkilerden, yayıncı kaynaklı sürekli abonelik, bağış ve beğeni alma isteklerinden ve yayıncıların uğradığı taciz veya ifşalarından rahatsız olduklarını belirtmişlerdir. Elde edilen bulgu nitel araştırma bulguları ile örtüşmektedir. Baykul'un (2019) bulgularına göre de yayını şekillendirenler izleyicilerdir. Bu sebeple yayın içeriğinden rahatsız olmadıkları sonucunun çıkması manidardır.

3.2.9. Oyun videolarını izleme davranışları ile şiddet eğilim puanları arasındaki ilişkiye yönelik bulgular

Oyun videolarını izleme davranışları ile şiddet eğilim puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığına ilişkin tek faktörlü varyans analizi tekniği (ANOVA) kullanılmıştır.

Tablo 4: Oyun Videolarını İzleme Davranışları İle Şiddet Eğilim Puanları Arasındaki Farka İlişkin ANOVA Sonuçları

	Grup	N	$\bar{X}$	Sd	F	p	Post-Hoc
Şiddet Eğilim Puanı	Evet	642	33,54	3	3,350	,019*	Evet > Hayır Evet > Fikrim Yok
	Hayır	800	30,70				
	Fikrim Yok	152	30,51				

*p<0,05

Tablo 4'te göre oyun videolarını izleme davranışları ile şiddet eğilim puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığına ilişkin sonuçlara göre (p<0,05) oyun videolarını izleme davranışları ile şiddet eğilim puanları

arasında anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. Farkın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için post-hoc tukey tekniği uygulanmıştır. Tukey sonuçlarına göre oyun videolarını izleyenler ($\bar{X}=33,54$) ile izlemeyenler ($\bar{X}=30,70$) ve konu hakkında fikri olmayanlar ($\bar{X}=30,51$) arasında, izleyenler lehine ($p<0,05$) düzeyinde anlamlı bir fark bulunmuştur. Başka bir ifadeyle oyun videosu izleyenlerin şiddet eğilim puanları, izlemeyenler ile konu hakkında fikri olmayanlardan anlamlı biçimde farklıdır. Elde edilen bulgu alanyazındaki görsel medya ile şiddet arasında doğru orantılı anlamlı bir fark bulan bir çok çalışma ile benzerlik göstermektedir (Açar, 2016; Anderson & Bushman, 2002; Arabacı ve Karadağlı, 2006; Aydın ve Aydın, 1993; Başbakkal ve Baysan, 2004; Black & Newman, 1995; Bebiş, Coşkun ve Açıkel, 2014; Özdoğan, 1997; Yörükoğlu, 1998; Browne & Hamilton, 2005; Dolu, Büker ve Uludağ, 2010; Ekşi ve Yaman, 2010; Erdemoğlu, 2011; Erdoğan, Ekşi ve Tektaş, 2012; Kubar, 2019; Polat ve Sohbet, 2020; Taylan, 2011). Bu bilgiler ışında Gerbner'in ekme kuramı (Bak vd., 2020) ve Bandura'nın (1997) sosyal öğrenme kuramı ile Baykul'un (2019) gençlik kültürünün büyük bir kısmının (%73) oyun videolarından etkilendiği bulgusu desteklenmektedir.

3.2.10. Oyun videoları izlemeye ayrılan süre ile öğrencilerin şiddet eğilim puanları arasındaki ilişkiye yönelik bulgular

Oyun videolarını izleyen öğrencilerde, videoları izlemeye ayrılan süre ile öğrencilerin şiddet eğilim puanları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla uygulanan ANOVA sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5:Oyun Videolarını İzlemeye Ayrılan Süre İle Öğrencilerin Şiddet Eğilim Puanları Arasındaki Farklılığa İlişkin ANOVA Sonuçları

	Grup	N	$\bar{X}$	Sd	F	p	Post-Hoc
Şiddet Eğilim Puanı	1 saatten az	279	32,849	5	3,121	,009*	5 saatten fazla>1 saatten az 5 saatten fazla>1-2 saat
	1-2 saat	179	33,240				
	2-3 saat	100	34,270				
	3-4 saat	32	34,281				
	4-5 saat	16	34,125				
	5 saatten fazla	36	37,388				

* $p<0,05$

Tablo 5'e göre oyun videolarını izleyen öğrencilerde, oyun videolarını izlemeye ayrılan süre ile öğrencilerin şiddet eğilim puanları arasında ($p<0,05$) düzeyinde anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. Farkın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için post-hoc tukey tekniği uygulanmış ve oyun videolarını izlemeye ayrılan süre ile öğrencilerin şiddet eğilim puanları 5

saatten fazla izleyenler ($\bar{X}=37,388$) ile 1 saatten az ($\bar{X}=32,849$) ve 1-2 saat izleyenler ($\bar{X}=33,240$) arasında, 5 saatten fazla izleyenler lehine ($p<0,05$) düzeyinde anlamlı bir fark bulunmuştur. Başka bir ifadeyle 5 saatten fazla oyun videolarını izleyenlerin şiddet eğilimleri 1 saatten az ve 1-2 saat arasında izleyenlerden fazladır.

4. Sonuç

Araştırmanın nitel sonuçlarına bakıldığında, odak grup görüşmelerinde katılımcıların oyun videolarını izleme alışkanlıklarının eğlence anlayışlarında ilk üç sırada yer aldığı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Genellikle şiddet içerikli (LoL, Valorant, Cs:Go, Fortnite, PubG ve GTA V) oyunlar oynadıkları ve bu oyunlara ilişkin yayın yapan yayıncıları takip ettikleri görülmüştür. En çok izlediklerini belirttikleri yayıncıların oyun videolarına video içerik analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre en çok sözel şiddet unsurlarına rastlanmıştır. Odak grup görüşmelerinde de katılımcıların sözel şiddet öğelerine günlük konuşma dillerinde sıkça yer verdikleri ve bundan rahatsız olmadıkları araştırmacılar tarafından gözlenmiştir. Bu doğrultuda yayınlarda en çok küfür ve argo ile tütün ürünleri kullanımı ve kaba cinsel şakaların yapıldığı görülürken; nefret, ateşli ve delici silah kullanımı, işkence, ifşacılık, röntgencilik, kıyafet çıkarma, takipçi olmaya zorlama, maddi bağış talep etme ve uyuşturucu tüketmek başlıklı şiddet unsurlarına rastlanmamıştır.

Araştırmanın nicel sonuçlarına bakıldığında, öğrencilerin oyun videolarını günlük ortalama 1 saatin altında izledikleri, eğlence anlayışlarında ilk sıralarda yer almadığı ve daha çok vakit geçirmek için izledikleri, covid-19 pandemisinde oyun videolarını daha çok izledikleri, oyun videolarının içerikleri ve yayıncılar konusunda ebeveynlerinin yeterli bilgiye sahip olmadıkları, izleyen öğrencilerin, izlemeyenler ve konu hakkında fikri olmayanlara göre şiddet eğilim puanlarının yüksek çıktığı, 5 saatten fazla izleyenlerin şiddet eğilimlerinin 1 saatten az ve 1-2 saat arasında izleyenlerden fazla olduğu, okul içerisinde yaşanan olumsuz iletişim şekillerinin yayıncılar rol model alınarak arttığı, oyun videolarında öğrenilen şiddetin okul ortamına yansıdığı ve yayınlardaki şiddet unsurlarından öğrencilerin rahatsız olmadıkları sonuçlarına ulaşılmıştır.

5. Referanslar

- Açar, R. S. (2016). Televizyonun ergenin din algısı ve ahlaki tutumu üzerindeki etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Yök Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (Tez No: 459877).
- Akbaş, Ö. ve Dursun, C. (2020). Teknolojinin aileye etkisi: değişen ailenin dijital ebeveyn ve çocukları. Turkish Studies - Social, 15(4), 2245-2265. <https://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.43395>.

- Alkan, V., Şimşek, S. ve Erbil, B. A. (2019). Karma yöntem deseni: öyküleyici alanyazın incelemesi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi* , 7 (2) , 559-582. doi: 10.14689/issn.2148-2624.1.7c.2s.5m.
- Anderson, C. A. & Bushman, B. J. (2002). The effects of media violence on society. *Science*, 295(5564), 2377-2379. Doi: 10.1126/science.1070765.
- Arabacı, L. B. ve Karadağlı, A. (2006). Hemşire ve ebelerin kadına yönelik şiddet belirtilerini tanımlarına ilişkin ölçek geliştirme. *Sağlık ve Toplum*, 16(2), 101-112. Erişim adresi: <https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TmpZek5ERXg>.
- Aydın, O. ve Aydın, G. (1993). Ekranda izlenen şiddet saldırgan davranışları artırır mı? *Psikiyatri, Psikoloji ve Psikofarmakoloji Dergisi*,(3P), 1, 43-51.
- Bak, G., Altıntop, M. ve Bak, A. (2020). George gerbner'in genel iletişim modeli, kültürel göstergeler ve ekme kuramı. *International Journal Of Social, Humanities and Administrative Science*, 6, 25, 484-492. Doi: 10.31589/JOSHAS.288.
- Baker, Ö.E. ve Kavşut, F. (2007). Akran zorbalığının yeni yüzü: siber zorbalık. *Eurasian Journal of Educational Research*, 27, pp, 31-42. 15 Ekim 2021 tarihinde https://www.researchgate.net/profile/Ozgur-Erdur-Baker/publication/324476306_Akran_Zorbaliginin_Yeni_Yuzu_Siber_Zorbalik_Cyber_Bullying_A_New_Face_of_Peer_Bullying/links/5acf21524585154f3f460942/Akran-Zorbaliginin-Yeni-Yuzue-Siber-Zorbalik-Cyber-Bullying-A-New-Face-of-Peer-Bullying.pdf Adresinden erişildi.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York:Worth Publishers.
- Başbakkal, Z. ve Baysan, L. (2004). Çocuk istismarı ve ihmali konusuna ilişkin polislerin bilgi düzeylerinin ve düşüncelerinin incelenmesi. *Çocuk Forumu Dergisi*, 21(2), 65-70.
- Baykul, M. (2019). Oyun yayıncıları ve izleyicileri: twitch. Tv üzerinden bir durum araştırması. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (Tez No: 556218).
- Bebiş, H., Coşkun, U. H. S. ve Açık, C. (2014). Bir ortaöğretim okulundaki öğrencilerin şiddet eğilim düzeyi ve ilişkili faktörlerin incelenmesi. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 30(2), 1-17. 28 Kasım 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/pub/eghehemsire/issue/49341/630222> adresinden erişildi.

- Black, D. & Newman, M. (1995). Television violence and children. *British Medical Journal*, 310. 273-274. Doi: 10.1136/bmj.310.6975.273 .
- Browne, K. D. & Hamilton-Giachritsis, C. (2005). The influence of violent media on children and adolescents: a public-health approach. *The Lancet*, 365(9460), 702-710. Doi: 10.1016/S0140-6736(05)17952-5
- Burroughs, B., & Rama, P. (2015). The eSports trojan horse: Twitch and streaming futures. *Journal For Virtual Worlds Research*, 8(2). Doi: 10.4101/jvwr.v8i2.7176.
- Büyüköztürk, Ş. (2004). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı; istatistik, araştırma deseni, spss uygulamaları ve yorum. Ankara: Pegem Yayıncılık.
- Cheung, G., & Huang, J. (2011, May). Starcraft from the stands: understanding the game spectator. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (sy. 763-772). Doi: 10.1145/1978942.1979053.
- Children Now (2001). Fair play? Violence, gender and race in video games. Los Angeles, CA: Children Now.
- Clement, J. (2021, 29 Ocak). Increase in first-time downloads of Twitch as a result of the coronavirus (COVID-19) pandemic worldwide as of March 2020, by country. 28 Kasım 2021 tarihinde <https://www.statista.com/statistics/1108328/covid-twitch-downloads/> adresinden erişildi.
- Cohen, J. (2020, 18 Aralık). Covid-19 has increased interest in cloud gaming services. 28 Kasım 2021 tarihinde <https://www.pcmag.com/news/covid-19-has-increased-interest-in-cloud-gaming-services> adresinden erişildi.
- Coyne, S. M., & Padilla-Walker, L. M. (2015). Sex, violence, & rock n'roll: Longitudinal effects of music on aggression, sex, and prosocial behavior during adolescence. *Journal of adolescence*, 41, 96-104.
- Çakın, Ö. ve Bolat, N. (2018). Sosyal medyada şiddet ve şiddet içerikli paylaşımlara yönelik bir çözümleme. Akademik Editör (N. Saygın), Sanal Alem/Medya Şiddeti (s.313). Samsun: Samsun Valiliği. 28 Kasım 2021 tarihinde <https://www.oka.org.tr/assets/upload/dosyalar/siddet-olgusuna-cok-disiplinli-yaklasimlar-yayini.pdf> adresinden erişildi.

- Çokluk, Ö., Yılmaz, K. ve Ebru, O. (2011). Nitel bir görüşme yöntemi: odak grup görüşmesi. Kuramsal Eğitimbilim Dergisi, 4(1), 95-107. 15 Mayıs 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/304155> adresinden erişildi.
- Çomaklı, Ş.E. (2019). Ebeveynler için tehlikeli oyunlar bilgilendirme kitapçığı. Eskişehir: SODİGEM.
- Daniele, D. & Hyslop, C. (2020, Ağustos). The rise of videogame streaming in a global pandemic. Norton Rose Fulbright. 15 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.socialmedialawbulletin.com/2020/08/the-rise-of-videogame-streaming-in-a-global-pandemic/> adresinden erişildi.
- Dill, K. E., Gentile, D. A., Richter, W. A., & Dill, J. C. (2001). Portrayal of women and minorities in video games. *Paper presented at the 109th Annual Conference of the American Psychological Association*, San Francisco, CA, August 2001.
- Dolu, O., Büker, H. ve Uludağ, Ş. (2010). Şiddet içerikli video oyunlarının çocuklar ve gençler üzerindeki etkileri: saldırganlık, şiddet ve suça dair bir değerlendirme. Adli Bilimler Dergisi, 9(4), 54-75. 15 Mayıs 2021 tarihinde <https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TVRReE1qSTVPUT09> adresinden erişildi.
- Edmunds, H. (1999). The focus group research handbook. The Bottom Line, Vol. 12 No. 3, s. 46. Doi: 10.1108/bl.1999.12.3.46.1.
- Ekşi, H. ve Yaman, E. (2010). Çocuk ve ergende şiddet. İstanbul: Kaknüs Yayınları.
- Erdal, C. (2012). Medyanın efendisi şiddet. İstanbul: Doruk Yayıncılık.
- Erdemoğlu, M. (2010). Görsel medyadaki şiddetin ortaöğrenim gençliği üzerindeki etkisi (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- Erdoğan, Y., Ekşi, H. ve Tektaş, A. (2012). Medya ve şiddet: mafya dizileri üzerine karma bir araştırma. Değerler Eğitimi Dergisi, 10(23), 83-116. 15 Mayıs 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/302442> adresinden erişildi.
- Hamilton, W. A., Garretson, O. & Kerne, A. (2014). Streaming on twitch: fostering participatory communities of play within live mixed media. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (s.1315-1324). Doi: 10.1145/2556288.2557048.

- Haskan, Ö., Yıldırım, İ. (2012). Şiddet eğilimi ölçeği'nin geliştirilmesi. Eğitim ve Bilim, 37 (163). 15 Mayıs 2021 tarihinde [Http://Eb.Ted.org.tr/index.php/EB/article/view/1000](http://Eb.Ted.org.tr/index.php/EB/article/view/1000) adresinden erişildi.
- Hawley, D. (t.y.). 15 twitch statistics for influencer marketing managers [Blog yazısı]. Erişim adresi: <https://www.viralnation.com/blog/15-twitch-statistics-for-influencer-marketing-managers/>.
- Hershey, W. (2019, 23 Ekim). Livestreaming - a \$5 billion + global phenomenon. 22 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.Roundhillinvestments.com/research/esports/livestreaming> adresinden erişildi.
- Jaeger, L., Zarb, N. & David, A. (2020, 26 Ağustos). Global gaming study: more gamers spending more money in covid lockdowns – which publishers will benefit? [Blog Yazısı]. 22 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.simon-kucher.com/tr/blog/new-global-gaming-industry-study-gamers-spend-more-money-and-time-increase-social-contact> adresinden erişildi.
- Kılıç, R. (2007). Okullarda şiddetin önlenmesi ve azaltılması. S. Gelbal (Ed.). Okullarda Şiddetin Önlenmesi: Mevcut Uygulamalar ve Sonuçları. s. 25-48. Ankara: Türk Eğitim Derneği Yayınları.
- Kubar, Y. (2019). Gençler arası şiddetin nedenlerini belirlemeye yönelik alan çalışması elazığ ili örneği. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7(4), 193-205. Doi: 10.18506/anemon.470372.
- Lu, Z., Xia, H., Heo, S. & Wigdor, D. (2018). You watch, you give, and you engage: a study of live streaming practices in China. In Proceedings Of The 2018 CHI Conference On Human Factors In Computing Systems (s. 1-13). Doi: 10.1145/3173574.3174040.
- May, E. (2020). Streamlabs & Stream Hatchet Q3 2020 live streaming industry report [Blog yazısı]. 22 Mayıs 2021 tarihinde <https://streamlabs.com/content-hub/post/streamlabs-and-stream-hatchet-q3-2020-live-streaming-industry-report#:~:text=Audiences%20watched%20over%207.46%20billion,hours%20watched%20in%20Q3%202019> adresinden erişildi.
- Michaud, Y. (1991). Şiddet. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis. Thousand oaks, ca: Sage publication.

- Nakandala, S., Ciampaglia, G., Su, N. & Ahn, Y. Y. (2017). Gendered conversation in a social game-streaming platform. In Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media (Vol. 11, No. 1). Erişim adresi: <https://ojs.aaai.org/index.php/ICWSM/article/view/14885>.
- OC&C. (2020, 4 Aralık). Growth in the video gaming ecosystem: the new role of games as media. 22 Mayıs 2021 tarihinde https://www.ocstrategy.com/media/2686/growth-in-the-video-game-ecosystem_the-new-modes-of-play_online.pdf adresinden erişildi.
- Öktem, F., Sayıl, M., ve Özen, S. Ç. (2006). Çocukların ve gençlerin televizyon programlarındaki zararlı içerikten korunması. Akıllı İşaretler Sınıflandırma Sistemi” Akademik Çalışma Altyapısı. Erişim adresi: https://www.rtukisaretler.gov.tr/AIsaretler_Public/content?id=1&mid=3.
- Özcebe, H., Üner, S. ve Çetik, H. (2006). Adolesanlarda şiddet davranışları (Üç Lise, Ankara, 2004). I. şiddet ve Okul: Okul ve Çevresinde Çocuğa Yönelik şiddet ve Alınabilecek Tedbirler Uluslararası Katılımlı Sempozyum Bildiri Özetleri. İstanbul: Duman Ofset, s.27.
- Özdoğan, B. (1997). Çocuk ve oyun. Ankara: Arı Yayıncılık.
- Özgür, G., Yörükoğlu, G. ve Arabacı, L. (2011). Lise öğrencilerinin şiddet algıları, şiddet eğilim düzeyleri ve etkileyen faktörler. Psikiyatri Hemşireliği Dergisi. 2011; 2(2), 53-60. 22 Mayıs 2021 tarihinde https://www.researchgate.net/profile/Leyla-Baysan-Arabaci/publication/281648029_Lise_Ogrencilerinin_Siddet_Algilari_Siddet_Egilim_Duzeyleri_ve_Etkileyen_Faktorler_High_School_Student%27s_Perception_of_Violence_Level_of_Tendency_to_Violence_and_Effective_Factors/links/55f2c8b008ae336d49887cfff/Lise-Oegren-cile-rinin-Siddet-Algilari-Siddet-Egilm-Duezeyleri-ve-Etkileyen-Faktoerler-High-School-Students-Perception-of-Violence-Level-of-Tendency-to-Violence-and-Effective-Factors.pdf adresinden erişildi.
- Pazarbaşı, B. (2018). Televizyonda yayınlanan ve ana teması şiddet olan çizgi filmlerin içerik analizi. Intermedia International e-Journal, 5(8), 28-41. Doi: 10.21645/intermedia.2018.43.
- Pellicone, A. J. & Ahn, J. (2017, May). The game of performing play: understanding streaming as cultural production. In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (s. 4863-4874). Doi: 10.1145/3025453.3025854.

- Petrova, E. & Gross, N. (2017, Haziran). 4 reasons people watch gaming content on Youtube. 1 Nisan 2021 tarihinde [https://www. Thinkwithgoogle.com/marketing-strategies/video/statistics-Youtube-gaming-content/](https://www.Thinkwithgoogle.com/marketing-strategies/video/statistics-Youtube-gaming-content/) adresinden erişildi.
- Polat, F. ve Sohbet, R. (2020). Ortaöğretim öğrencilerinde akran zorbalığı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 15(2), 41-51. Doi: 10.17517/ksutfd.608921.
- Polat, O. (2016). Şiddet. Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi, 22(1), 15-34. 17 Nisan 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download /article-file/274326> adresinden erişildi.
- Ramirez, L.J.C., Canizares, S.M.S. & Garcia, F.J.F. (2020). Motivations for the use of video game streaming platforms: the moderating effect of sex, age and self-perception of level as a player. International Journal of Environmental Research and Public Health 17(19), 7019. doi:10.3390/ijerph17197019.
- Saltuk, M. C. ve Erciyes, C. (2020). Okul öncesi çocuklarda teknoloji kullanımına ilişkin ebeveyn tutumlarına dair bir çalışma. Yeni Medya Elektronik Dergisi, 4(2), 106-120. Doi: 10.17932/IAU.EJNM.25480200.2020.4/2.106-120.
- Söğüt, F. (2020). Dijital ebeveynlerin dijital oyunlar ve şiddet ilişkisine yönelik algıları. İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi, 2020(51), 79-100. 19 Nisan 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/ en/download/ article-file/1109927> adresinden erişildi.
- Streamhatchet (2020). Covid-19. 17 Aralık 2020 tarihinde <https://streamhatchet.com/tag/covid-19/> adresinden erişildi.
- Taylan, H.H. (2011). Televizyonla yetişmek. Konya: Çizgi Kitabevi.
- Twitchtracker (2020). Statistics. 12 Ağustos 2020 tarihinde <https://twitchtracker.com/statistics> adresinden erişildi.
- Uluçay, T. (2018). Lise öğrencilerinin dinledikleri müzik türlerinin şiddet eğilimlerine etkisi. Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi, (41), 135-153. Doi: 10.32547/ataunigsed.450424.
- Üngören, Y. (2020). Dijital oyun yayını izleyicilerinin kişilik yapıları ve kullanım davranışları ile yayın izleme motivasyonlarının incelenmesi: twitch örneği. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (Tez No: 638235).

Westwood, D. ve Griffiths, M. D. (2010). The role of structural characteristics in video-game play motivation: A Q-methodology study. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(5), 581-585. Doi: 10.1089/cyber.2009.0361

World Health Organization. (2019). School-based violence prevention: a practical handbook. 12 Ağustos 2020 tarihinde <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/324930/9789241515542-eng.pdf> adresinden erişildi.

Yörükoğlu, A. (1998). Çocuk ruh sağlığı. Ankara: Özgür Yayınları.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 14



**Atık Sulardan Ağır Metal İyonlarının
Uzaklaştırılmasında Alglerin Kullanımı
(Hatice Banu Keskinçaya, Cengiz Akk  z)**

Atık Sulardan Ağır Metal İyonlarının Uzaklaştırılmasında Alglerin Kullanımı

Hatice Banu Kesinkaya¹, Cengiz Akköz²

¹Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology
E-mail: banu.kesinkaya@selcuk.edu.tr

²Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology

1. Giriş

Yoğunluğu 5 g/cm³'ün üzerindeki elementlere ağır metal adı verilir. Bu sıradan tanım 16'sı yapay olan 69 elementi içine almaktadır. Sözü edilen 69 element arasında antimon, arsenik, kadmiyum, krom, kobalt, bakır, demir, kurun, civa, nikel, gümüş, talyum, kalay, vanadyum ve çinko genellikle kirliliğe sebep olmaktadır. Kurşun ve arsenik gibi bazı ağır metaller ise çok toksik olup, çok düşük derişimleri bile zararlı etkilere neden olabilmektedir. Atık sulara ağır metaller endüstriyel ve kentsel atıklardan gelip, su ve toprak kirliliğinin temel nedenlerinden birisini oluşturmaktadır. Atık sularda bu metallerin birikimi; bölgedeki endüstrinin tipine, insanların yaşam şekline ve bilgi düzeyine göre değişir. Evsel ve endüstriyel kaynaklardan gelen ağır metal kirleticilerinin sucul ekosistemler üzerine olumsuz etki yapması, besin zincirindeki toksik maddelerin birikiminin artmasına ve biyolojik çeşitliliğin artmasına neden olmaktadır. Maden, metal kaplama, elektrot kaplama, metal işleme ve petrokimya endüstrilerinin atık sularındaki bu metaller istenmeyen derişimlerdedir. Bu endüstrilerden gelen atık suların sık sık fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmektedir. Sözü edilen sular asidik, BOI (biyolojik oksijen ihtiyacı) değeri yüksek, inorganik ve organik bileşenleri, çözünmüş ya da uçabilen kolloidal, emülsiyon ve parçacık şekillerde bulunduran, ortamda yaşayan ya da kullanan canlılar için oldukça zehirli etkiye sahip olan sulardır. Ayrıca bulunduğu ortamda kalıcı olup, az miktarlarda bulunsa bile çevreden doğal olarak elemine edilmesi zordur.

Alkalin çökeltme, kimyasal yükseltgenme ve indirgenme, iyon değişimi, elektrokimyasal kaldırım, süzme ve zar teknolojisi günümüzde ağır metallerin kaldırımı için kullanılan uygun teknolojilerdir. Buna karşın bu teknolojilerin uygulamasında zayıf seçicilik, katı kalıntıların üretimi (metalin kendi ağırlığından 10 kat daha yüksek), arıtmadan gelen tehlikeli iyonik metallerin dışarı boşaltılması, organik bileşiklerin sık sık süreci engellemesi ve 10 m³/l'den daha düşük metal derişimlerinin kaldırılmasında düşük etkiye sahip olması gibi bazı kısıtlamalar vardır. Ayrıca atık suyun arıtım ederinin yüksek olması ve sürekli kimyasal girişine gereksinim duyulması

gibi kısıtlamaları da bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen teknolojilere ek olarak, pH değiştirilmesi ile parametrik pompalama ters ozmoz kullanılarak filtrasyon, nanofiltrasyon ve ultrafiltrasyon, farklı kaynaklardan hazırlanan garnül haldeki aktive edilmiş karbon (GAC) kullanımı, esnek açık hücreli polietir poliüretan köpük ile tutucu madde (amonyum prolidin dithiokarbonat)'ye bağlanma gibi teknolojiler de farklı araştırmacılar tarafından çalışılmaktadır. Uygun ederlerde çevresel olarak kabul edilebilir düzeylerde ağır metallerin derişimlerini azaltmak için yeni teknolojilere gereksinim duyulmaktadır. Biyosorpsiyon yöntemi, ağır metal giderimi için en uygun alternatiftir. Biyosorpsiyon; biyolojik materyallerin sulu çözeltilerdeki atık maddelerin hücre yüzeyi veya içinde akümüle edilmesidir. Bu biyolojik materyaller; mantarlar, bakteriler, algler vb canlılardır. Alglerin metal soğurum yeteneği karşılaştırılarak, diğer arıtıcı kaynaklardan daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Mantar ve maya gibi mikrobiyal biyomasla karşılaştırıldığı zaman, alglerin ağır metal biyosorpsiyon kapasitesi algal hücre çeperi (fiber benzeri yapıda oluşu ve farklı polisakkaritlerin şekilsiz yerleşen matriksleri bulundurması)'nden dolayı en yüksek bulunmuştur.

Yaygın olarak kullanılan iyon değıştiriciler ve reçinelerin metal kaldırım etkisi çok düşük ya da çözeltideki 10 mg/ml metal derişiminin altındadır. Buna karşın, algler düşük metal derişimlerine sahip çözeltilerden metal iyonlarının neredeyse tamamına uzaklaştırabilmekte, algal biyomas; endüstriyel atıklardan ağır metallerin kaldırımı için büyütuşak şeklinde kullanılabilir. Bu derleme atık sulardan ağır metal iyonlarının kaldırımı için alglerin kullanımı ve soğurum mekanizmaları hakkında bilgi sunmaktadır. İyi biyosorbentinde yüksek alginat içeriğinden dolayı kahverengi algler olduğu belirtilmektedir. Soğurum çalışmaları için canlı ya da ölü mikroalgler kullanılmaktadır. Uygulamalarda, canlı biyomastan daha fazla metal bağlama özelliğinden dolayı cansız biyomasın kullanımı daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca cansız hücreler besleyici elementleri ihtiyaç duymaz ve metal iyonlarının toksisitesinden etkilenmezler. Soğurulan metaller pek çok kimyasal ve fiziksel yöntem ile biyomastan kolaylıkla alınabilir ve biyomas ekonomik olarak tekrar kullanılabilir. Abu Al-rup vd. (2004) *Chlorella vulgaris*'in nikeli soğurumunda, soğurum etkisinin belirli tipteki canlı ve ölü biyomas arasında genellikle benzer olduğu saptanmıştır. Güçlü (2009) canlı ve ölü *Scenedesmus* türlerinin bakır ve çinkoyu soğurumunda, ölü hücrelerin canlı hücrelerden metal alım kapasitesinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Canlı mikroalgler aracılığı ile ağır metallerin kaldırılması ile ilgili araştırmaların çoğu, yüksek pH değeriinde, uzun süreli (7-13 günlük) yığın kültürlerde yapılmaktadır. Buna ek olarak ağır metaller, çoğunlukla güçlü asitler (nitrioloasetik ve fulvik asit) ve metal iyonları ile kimyasal karmaşıklığı tanımlanamayan maddeler içermektedir. Bu karmaşıklar, alglerin etkin grupları için metallerle yarışından dolayı, alg temelli arıtım sistemlerinin etkinliğini azaltabilmektedir. Arıtım suresini

azaltmak ve aktif olarak gelişen mikroalglerin etkinliğini artırmak için, nutrient ve metal girişi sürekliliğinde metallerin kaldırılması sürecinin etkinleştirilmesi önerilmektedir.

Pek çok biyolojik materyal, ağır metallerin kaldırılmasında kullanılmasına karşın, yüksek miktarda metal bağlanması temelinde büyük hacimli biyosorpsiyon işlemleri için uygun değildir. Biyomasın yüksek miktarda metal soğurumunu artırmak için çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bunun için canlı algler kullanılmadan önce CaCl_2 , seyreltilmiş HCl , NaOH , NaCl , etanol, metanol, asetik asit, ksanthan Gibi kimyasal maddelerle ön işlemden geçirilmektedir Bunlar içinden özellikle CaCl_2 ile işlemden geçirilmiş alglerin metal alımının arttığı pek çok araştırmacı tarafından belirtilmektedir.

Biyomasın tekrar üretilmesi, biyomas ve atık suyun kolaylıkla ayrılabilmesi ve yüksek miktarda metal soğurması gibi avantajlarından dolayı, son yıllarda immobilize edilmiş mikroalgler de ağır metallerin kaldırımında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Ayrıca, bazı ticari algal ürünlerin (AlgaSORB, Chitoplex ve AMT-BioclainTM) çeşitli toksik metaller (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Ag, Au)'ın tutulmasında ve endüstriyel atık suların temizlenmesinde etkili bir şekilde kullanıldıkları görülmüştür.

1.1. Alglerin Soğurum Mekanizmaları

Algler tarafından metallerin soğurumu, kullanılan alg türüne ve bu türlerin hücre çeperi bileşimine bağlı olmakla birlikte; hücre büyüklüğü ve morfolojisi, kullanılan alg türünün fizyolojisi, pH, sıcaklık, metal özgülüğü, metal derişimi ve biyomas yoğunluğu gibi birkaç etkileyici tarafından etkilenmektedir.

Mikroorganizmaların karmaşıklığı, hücre tarafından tutulan metaller için pek çok yolun olduğunu gösterir. Soğurum mekanizmaları bu yüzden farklıdır ve bazı durumlar hala çok iyi anlaşılamamıştır. Bu mekanizmalar aşağıdaki gibi farklı ölçütlerin izlenmesi ile sınıflandırılabilir.

A) Hücre metabolizmasına bağlılığına göre, soğurum işleyişi iki grupta sınıflandırılabilir

1. metabolizmaya bağlı
2. metabolizmadan bağımsız

B) Metalin bulunduğu yere göre soğurum üç grupta sınıflandırılabilir;

1. hücre dışında (çözeltide) birikim
2. hücre yüzeyinde tutunma

3. hücre içinde birikim

Alglerin ağır metal soğurumu, 2 süreçten oluşur. İlk süreç olan hızlı alım (pasif taşıma)'ı daha yavaş olan etkin taşıma izler. Metal birikimi; hücre yüzeyinde metalin tutulması (çeper, zar ya da dış polisakkaritler) dışında sitoplazmik organeller, fitokelatinler, metallotioninler ve diğer hücre içi moleküllere bağlanma şeklinde olur.

1.2. Hücre Metabolizmasına Bağlılığına Göre Soğurum Mekanizmaları

1.2.1. Metabolizmaya Bağlı Soğurum

Metabolizmaya bağımlı işleyiş genelde daha yavaş (saatler veya günler alır) alım olan etkin taşıma süreci olup [11, 13, 21, 22] sık sık tersinmez ve kovalent bağlanma, yüzeye tutunma, redoks tepkimeleri, hücre içine yayılım, proteinler ve diğer hücresel noktalara bağlanmayı içine alan pek çok mekanizmadan kaynaklanabilir (Falconer,1996). Bu süreç, sitoplazma ve dış sınırı oluşturan hücre zarına metal iyonunun taşınması ile başlar. Metaller hücre içine girdikleri zaman hücre içi bileşenlerine ya da çöktiklerine bağlanabilirler. Uygun işlevsel gruplar ya da metal kofaktörlü biyolojik makromoleküller ve enzimler metallerden etkilenebilirler. Cyanobakteri ve bazı ökaryotik alglerin kofullarındaki hücre içi proteinlere metallerin bağlanması ve polifosfat yapılarında birikim ile detoksifikasiye olması olasıdır. Alg bünyesindeki lipidler hidrofobik kimyasalları güçlü şekilde çektiklerinden, özellikle lipidce zengin doku ve hücre içi yapılarda birikirler.

1.2.2. Metabolizmadan Bağımsız Soğurum

Hücre yüzeyindeki işlevsel gruplar ve metal arasındaki fizikokimyasal etkileşim sırasında fiziksel soğurum, iyon değişimi ve karmaşık oluşumu gerçekleşir. Buna hücre yüzeyinde soğurum denir ve metabolizmadan bağımsız süreçlerdir (Şekil 1). Bu fizikokimyasal metal soğurumu, hızlı bir süreç olup (birkaç sn ya da dakika) metaller geri kazanılabilir.

Algal hücre çeperinde, hücre yüzeyine negatif yük veren hidroksil (-OH), fosforil (-PO₃O₂), amino (-NH₂), karboksil (-COOH), sülfidril (-SH) gibi pek çok işlevsel grup vardır. Suda metal iyonları genellikle katyonik şekilde olduğundan, hücre yüzeyine tutunabilmektedir. İşlevsel gruplar; peptidoglikan, teikoik asit, polisakkarit ve proteinler gibi çeşitli hücre çeperi öğeleri ile birleşmektedir. Hücre çeperi bileşenlerinin dağılımı ve bolluğu alg gruplarına göre değiştiğinden, işlevsel grupların sayısı ve çeşidi de alg uruplarına göre değişir. Farklı hücre çeperi bileşenleri arasında polisakkaritler ve proteinler metal bağlama noktalarının en önemlileridir. Farklı metal iyonlarının soğurumuna sülfat, amino ve hidroksil gruplarının katıldığı, fakat katılımın karboksil gruplardan daha düşük ölçüde olduğu gösterilmiştir. Hücre çeperindeki polisakkaritlerin karboksil ucu, alglerin ağır

metal soğurumunda önemli düzeyde işlevseldir. Diğer işlevsel gruplar (sülfat ve amino gibi) metallerin tutulmasına oran olarak daha az görev almaktadır.

1.3. Metalin Bulunduğu Yere Göre Soğurum Mekanizmaları

1.3.1. Hücre Zarı İçine Taşınım

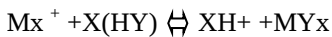
Bu soğurum çeşidi sadece canlı hücrelerle gerçekleşir ve hücre metabolizması ile ilgilidir. Ne yazık ki, soğurum araştırmaları yüksek metal derişimlerinde bazı elementlerin toksik olmaları nedeniyle yapılamamaktadır. Bu yüzden bu mekanizma ile ilgili çok az bilgi vardır. Mikrobiyal hücre zarı içine ağır metallerin taşınımı, potasyum, magnezyum ve sodyum gibi metabolik olarak esansiyel iyonların taşınmasında kullanılan mekanizma ile aynıdır.

1.3.2. Fiziksel Tutunma

Bu sorun mekanizmasındaki olay van der Waals kuvvetleri ile ilişkilidir. Zayıf van der Waals çekimi tutulan madde ve tutucu yüzey arasında gözlenmiştir. Bu görüşe termodinamik açıdan bakıldığında, fiziksel tutunma kendiliğinden (negatif Gibbs enerjisi ve ekzotermik) ve ekzotermik (ΔH negatif değeri)'tir. Fiziksel tutulma biyosorpsiyon sürecinde önemli bir rol oynamaz. Bununla beraber, birkaç çalışmada önemli olduğu belirtilmiştir. Kuyucak ve Volesky (1988) ölü alg, mantar ve maya biyokütleleri tarafından uranyum, kadmiyum, çinko, bakır ve kobalt soğurumunda, hücre çeperi ve solüsyondaki iyonlar arasında elektrostatik çekimler olduğu varsayımını savunmaktadır. Bakırın bir bakteri olan *Zoogloca ramigera* ve alg *C. vulgaris* ile, kromun mantar *Ganoderma lucidum* ve *Aspergillus niger* ile soğurumlarında elektrostatik etkileşimler etkili olmaktadır.

1.3.3. İyon Değişimi

İyon değişimi tersinir bir kimyasal tepkimedir. Genellikle iyon değişim mekanizması aşağıdaki eşitlik ile gösterilmektedir.



HY = Katı yüzeydeki asit noktalarının sayısı,

Mx^+ = Metal iyonu,

MYx = Soğurulan Mx^+ İyon değişimi Algal biyomas için en önemli mekanizmalardan birisi olarak gösterilmektedir (Çetinkaya ve ark.,199). Mikroorganizmaların hücre çeperinin ana yapı taşları polisakkarit içermektedir. Doğal polisakkaritlerin iyon değiştirme özelliklerinin ayrıntıları araştırılmış ve +2 değerlikli metal iyonları ile polisakkaritlerin bu iyonlara karşı gelen iyonlarının yer değiştirdiği belirlenmiştir. Deniz algleri alginatlarında genellikle doğal tuzlardan K^+ , Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2}

bulunmaktadır. Bu metalik iyonlar, bunlara karşılık gelen Co^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} ve Zn^{+2} gibi iyonlarla yer değiştirir ve sonuçta metallerin soğurumu gerçekleşir.

Oscillatoria angustissima'ya Cu^{+2} ve Zn^{+2} bağlandıktan sonra Mg^{+2} 'un açığa çıktığı Ahuja vd. (1999) tarafından belirtilmiştir (Gong ve ark.,2005). İyon değişim kapasitesi alg türlerine göre oldukça değişkenlik göstermektedir. Farklı algler'deki iyon değişim kapasitesinin büyük çeşitliliği hücre çeperi kompozisyonunun farklılığından kaynaklanmaktadır. Tek hücreli alglerin iyon değişim kapasitesi yüksek yüzey/hacim oranından dolayı iplikli alglerden genellikle daha büyüktür. İyon değişim kapasitesi ve sonuç olarak metal alım kapasitesi, algal biyomastaki pH'nın artışı ile artar. Bu aynı bağlanma siteleri için protonlar ile rekabetin azalmasının etkisi olarak açıklanmaktadır.

1.3.4. Karmaşık Oluşumu

Çözeltiden metal giderimi, aynı zamanda metal ve etkin gruplar arasındaki etkileşim sonucunda hücre yüzeyinde karmaşık oluşumu ile de gerçekleşir. Metal iyonları kelat oluşumuyla da bağlanabilmektedir. Aksu vd. (1992) *C. vulgaris* ve *Z. ramigera* ile bakır soğurumunda, hem yüzeye tutunma hem de metal ile hücre çeperi polisakkaritlerinin karboksil ve amino grupları arasında bağ oluşumu mekanizmalarının etkili olduğunu belirtmişlerdir. Adhiya vd (2002) *C. reinhardtii*'de Cd soğurumunun karboksil gruplar ile karmaşık oluşumu sonucu gerçekleştiğini bildirmiştir.

1.3.5. Çökeltme

Çökeltme, hem hücre metabolizmasına bağlı hem de metabolizmadan bağımsız olabilir. İlk durumda, çözeltiden metal giderimi mikroorganizmaların aktif savunma sistemleri ile gerçekleşir. Toksik metal bulunması durumunda tepkime vererek çökebilen bileşikler üretilir. Tükenmenin hücresel metabolizmaya bağlı olmadığı durumlarda, metal ve hücre yüzey arasında kimyasal etkileşimler olur. Örneğin, *Rhizopus arrhizus* (mantar) ile uranyum soğurumunda bu durum son basamakta gerçekleşir; Önce uranyum-kitin karmaşığı oluşur, ardından karmaşık hidroliz gerçekleşir ve hücre çeperinde hidroliz ürünü (uranilhidroksit) çökeltir.

2. Sonuç

İçme ve kullanma sularında bulunabilen siyanobakteriyel toksinler, insan ve hayvan sağlığı açısından büyük risk teşkil etmektedir. Siyanobakterilerin su kaynaklarındaki kontrolüne ilişkin alınması gereken önlemlerin başında yüksek risk taşıyan alanlarda (içme ve kullanma suyu sağlayan baraj gölleri ile balıkçılık ve rekreasyon alanı olan göllerde) risk analizleri (yönetim) ve izleme programları oluşturularak, kontrollerin düzenli olarak yapılması, suların toksinlerden arındırılması için uygun arıtma metodlarının

uygulanması ve en önemlisi insanların konu ile ilgili bilgilendirilerek, bilinçlendirilmesi gelmektedir.

Su kaynaklarında siyanobakteri kontrolü için en etkili yöntem, aşırı çoğalmalar ve buna bağlı oluşan toksin artışı öncesinde su kütlesinin kontrolü ile oluşumlarının engellenmesi olmalıdır. Bu kapsamda multidisipliner olarak konu ile ilgili araştırmaların artırılması gerekmektedir. Kanun yapıcılar ve yerel yönetimler, sağlık personeli ve en önemlisi ilgili teknik personel (çevre, kimya mühendisleri vs.) bilgi paylaşımı ile işbirliği içinde çalışmalıdır.

Petrol rezervlerinin azalması, yüksek petrol fiyatları ve artan sera gazlarının etkisiyle biyolojik orijinli olarak geliştirilen teknolojilerden biri olan yenilenebilir biyoplastikler, biyo-çözünür, biyo-uyumlu ve gübrelenebilir özellikleri nedeniyle çevre dostu olarak tanımlanmaktadır. Diğer taraftan petrol kaynaklı ve veya kimyasal türevli sentetik polimerlerden üretilen plastiklerin çevresel problemlere yol açtığı bilinen bir gerçektir. Özellikle denizlerde ve okyanuslarda biriken plastikler, hidrofobik kimyasalları aümüle ettiğinden suda çok yavaş bozunmakta, dolayısıyla plastik endüstrisinin atıkları deniz yüzeyinin kirlenmesinde başlıca etkenlerden biri olmaktadır. Bu kirleticiler aynı zamanda su yüzeyinde konsantre halde poliklor bifenil (PCB) ve diklordifenildikloroetilen (DDE) içermektedir. Deniz hayvanları plastik atıklarının bir bölümünü yiyeceklerle karıştırmakta, deniz kuşlarının midelerinden sürekli olarak deniz yüzeyinde bulunan plastik atıkların çıktığı görülmektedir. Balık ve kuşların plastik granülleri yiyecek olarak tüketmeleri üzerine yapılan araştırmalarda bu canlılarda yüksek miktarda PCB bulunduğu ve üremenin olumsuz etkilendiği gözlenmiştir. Deniz kaplumbağaları ise plastik torbaları deniz anaları ile karıştırmakta, bunların alınması midede tıkanıklıklara neden olmakta, hayvana yalancı doygunluk hissi vererek açlıktan ölmesine neden olabilmektedir. Ayrıca yine PCB'nin deniz kaplumbağalarında doza bağlı olarak immun sisteminin olumsuz etkilendiği bildirilmektedir. (Yu ve ark., 2012). Plastik balık ağlarının atılması veya kopması birçok deniz canlısı için letal etki yapmaktadır. 1982 yılında yapılan bir çalışmada yıllık olarak 50.000 denizayısının plastik balıkçı ağları nedeniyle öldüğünü göstermiştir (Allsop ve ark., 2012).

Biyoplastik üretiminde yenilenebilir doğal polisakkarit kaynağı olarak alglerin kullanılması, hem hammadde teminine hem de plastik atıklar neticesinde ortaya çıkan çevresel ve sağlık problemlerinin çözümüne yönelik olarak atılmış önemli ve ümit verici bir adım olarak değerlendirilebilir.

Sucul çevrede ağır metal kirlenmesi, üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Biyolojik olarak kullanılabilir şekildeki ağır metaller dokuda birikerek, canlılarda farklı düzeylerde olumsuzluklara neden olmaktadır. Son

yıllarda bazı alglerde özellikle mikroalglerle yapılan araştırmalar,metal soğrumunun belirli derecede daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Bu kapsamda, atık sulardan ağıır metallerin kaldırımında algal biyorpısyonun mevcut arıtım sistemlerine uygun bir alternatif olabileceği, özellikle doğada bol bulunan ve ucuz olan algal biyomasın solüsyondan metal iyonlarının kaldırımında başarılı olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

3. Kaynaklar

1. Abu Al-Rub FA, El-Naas MH, Ashour I, Marzouqi M. 2006. Biosorption of copper on Chlorella vulgaris from single, binary and ternary metal aqueous solitions. Process Biochemistry 41:457-464
2. Ahuja P, Gupta R, Saxena RK. 1999. Zn biosorption by Oscillatoria angustissima. Process Biochemistry 34:77-85
3. Aksu Z, Sag Y, Kutsal T. 1992. The biosorption of copper (II) by C. Vulgaris and Z.ramigera. Environmental Technology 13:579-586.
4. Anon (2008): ‘Halk Sağlığı Korunmasına Yönelik Su Alanındaki Mevzuatın Uyumlaştırılması ve Uygulanmasına Sağlık Bakanlığının Güçlendirilmesi’ Eşleştirme Projesi.
5. Arief VO, Trilestari K, Sunarso J, Intrawati N, Ismadji S. 2008. Recent progress on biosorption of heavy metals from liquids using low cost biosorbents: Characterazation biosorption parameters and mechanism studies. Clean 36(12):937-962.
6. Bayramoğlu G, Arıca MY.2009. Construction a hybrid biosorbent using Scenedesmus Quadricauda and Ca-alginate for biosorption of Cu (II), Zn (II) AND Ni (II): Kinetics and equilibrium studies. Bioresource Technology 100:186-193.(13)
7. Mehta SK, Gaur JP. 2005. Use of alga efor removing heavy metal ions from wastewater: Progress and Prospects. Critical Reviews in Biotechnology 25:113-152.
8. Briand JF, Jacquet S, Bernard C, Humbert JF (2003): Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. VET Res, 34,361-377
9. Brittain S, Mohammed ZA, Wang J, Lehmann VK, Carmichael WW, Rinehard
10. Cabral JPS. 1992. Selective binding of metal ions to Pseudomonas syringae cells. Microbions 71:47-53.

11. Carmichael WW, (2001): Health Effects of Toxin-Producing Cyanobacteria: 'The CyanoHABs' Hum Ecol Risk Assess,7,1393-1407
12. Carmichael WW, Falconer IR (1993): Diseases related to freshwater blue-green algal toxins and control measures.187-209. In:IR Falconer (Ed), Algal toxins in seafood and drinking waterAcademic Press, London
13. Carmichael WW, LI R (2006): Cyanobacteria toxins in the Salton Sea Saline Systems,
14. Çetinkaya Dönmez G, Aksu Z, Öztürk A, Kutsal T. 1999. A comparative study on Heavy metal biosorption characteristic of some algae. Process Biochemistry 34:885-892.
15. Chipasa KB.2003. Accumulation and fate of selected heavy metals in a biological wastewater treatment system. Waste Management 23:135-143.
16. Chorus I, Bartram J (1999): Toxic cyanobacteria in water.17-22. In: . I Chorus, J Bartram (Ed), A guide to their public health consequences, monitoring and management. E.&F.N. Spon on behalf of the World Health Organization, London.
17. Cirik Ş, Cirik S (2004): Su Bitkileri Deniz Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Yetiştirme Teknikleri. 34-38 Ege Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
18. Codd GA (2000): Cyanobacterial Toxins, the perception of water quality and the prioritisation of eutrophication control. Ecol Eng, 169,56-60
19. Cornish BJ, Lawton LA, Robertson PKJ (2000): Hydrogen peroxide enhanced photocatalytic oxidation of Microcystin- LR using titanium dioxide. Appl Catal B Environ, 25,59-60
20. Duy TN, Lam PKS, Shaw GR, Connel DW (2000): Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial (blue-green algal) toxins in water. Rev Environ Contam Toxicol, 163,113-186
21. Eccles H. 1999. Treatment of metal-contaminated wastes: Why select a biological process? Trends in Biotechnology 17:462-465.
22. El-Nass MH, Abu Al-Rub F, Ashour Al-Marzouqi M. 2007. Effect of competitive interference on the biosorption of lead (II) by *Chlorella vulgaris*. Chemical Engineering and Processing 46:1391-1399.

23. Falconer IR (1996): Potential impact on human health of toxic cyanobacteria. *Phycologia*, 35(6),6-11
24. Falconer IR (2001): Toxic cyanobacteria bloom problems in Australian water: risks and impacts on human health. *Phycologia*, 40,228-233
25. Fleming LE Rivero C, Burns J, Williams C, Bean JA, Shea KA, Stinn J (2002): Blue green algal (cyanobacteria) toxins, surface drinking water, and liver cancer in Florida. *Harmful Algae*, 1, 157-168.
26. Gerçek ÇG, Yeşildal N (2006): Siyanobakteriler ve Kent Sağlığı.Kent ve Sempozyumu 07-09 Haziran,Bursa.
27. Gong R,Ding Y,Liu H, Chen Q,Liu Z.2005. Lead biosorption and desorption by intact and pretreated *Spirulina maximabiomass*. *Chemosphere* 58:125-130.
28. Graham LE,Wilcox LW (2000): *Algae*,97-127. T Ryu (Ed), Upper Saddle River: Prentice-Hall.
29. Güçlü Z.2009. Bazı *Scenedesmus* türlerinde bakır ve çinko iyonlarının toksik etki düzeyi ve soğurum oranının belirlenmesi.SDÜ Fen Bilimleri Entitüsü Doktora Tezi,122 s, Isparta.
30. Hermansky SJ, Stohs SJ, Markin RS, Murray WJ (1990): Hepatic lipid peroxidation,sulphydryl status and toxicity of the bluegreen algal toxin microcystin LR in mice.*J. Toxicol Environ Health*, 31, 71-91.
31. Kaewsarn P, Yu Q.2001. Cadmium (II) removal solutions by pre-treated biomass of marine algae *Padina* sp. *Environmental Pollution* 112:209-213.
32. KL (2000):Isolation and characterization of microcystins from a river Nile strain of *Oscillatoria tenuis* Agard ex.Gomont. *Toxicon*,38,216-221.
33. Kratochvil D, Volesky B.1998. Advances in the biosorption of heavy metals. *Tibtech* July 16:291-300.
34. Kuyucak N, Volesky B.1998. Biosorbents for recovery of metals from industrial solutions. *Biotechnology Letters* 10(2):137-142.
35. Mehta SK, Gaur JP.2001. Removal of Ni and Cu from single and binary metal solutions by free and immobilized *Chlorella vulgaris*. *European Journal of Protistology* 37: 261-271.

36. Pena-Castro JM, Martinez-Jeronimo F, Esparza- Garcia F, Canizares – Villanueva RO.2004b. Heavy metals removal by the microalgae *Scenedesmus incrassatulus* in continuous cultures. *Biosource Technology* 94:219-222.
37. Romera E, Gonzalez F. Ballester A, Blazquez MI, Munoz JA.2006. Biosorption with algae: A statistical review. *Critical Reviews in Biotechnology*. 26: 223-235.
38. Sze KF, Lu YJ, Wong PK.1996. Removal and recovery of copper ion (Cu^{+2}) from electroplating effluent by a bioreactor containing magnetic-immobilized cells of *Pseudomonas putida* 5X. *Resources, Conservation and Recycling* 18: 175-193.
39. Veglio F, Beolchini F.1997. Removal of metals by biosorption: A review. *Hydrometallurgy* 44:301-316.
40. Venkobachar C.1990. Metal removal by waste biomass to upgrade wastewater treatment plants. *Water Science and Technology* 22:319-320.
41. Yu Q, Kaewsarn P.1999. Fixed-bed study for copper (II) removal from aqueous solutions by marine algae *Durvillaea potatorum*. *Environmental Technology* 20: 1005-1008.

,

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 15



**Dünya’da ve Türkiye’de Organik Tarım İstatistikleri
(Hülya Sayğı)**

Dünya’da ve Türkiye’de Organik Tarım İstatistikleri

Hülya Saygı

*Çukurova Üniversitesi Yumurtalık Meslek Yüksekokulu,
E-mail:hulutas@cu.edu.tr*

1. Giriş

Artan teknolojik gelişmeler birçok sektörü etkilediği gibi tarım sektörünü de etkilemiştir. Dünya nüfusunun hızla artması gıda ve tarımsal maddelere olan ihtiyacın artmasına neden olmuş, birim alandan daha fazla ürün alabilmek adına yoğun bir şekilde kimyasal gübre ve ilaç kullanılmış, bu durum da zamanla insan ve hayvan sağlığı üzerinde birçok olumsuzluğa yol açmıştır. Temelinde insan kaynaklı olan bu yanlış uygulamalar ise ekosistem üzerinde büyük tahribatlara neden olmuştur. Bu tahribatlara karşı önlem alabilmek adına dünya ülkeleri organik tarımı gündemlerine almaya başlamışlardır (Merdan ve Kaya, 2013; Dalbeyler ve Işın, 2017). Tarımda kimyasal madde kullanımının başladığı 1900’lü yıllarda Avrupa’daki bazı çiftçiler toprak verimliliği kavramına dikkat çekerek farklı yaklaşımlar sergilemiş ve böylece ekolojik tarımın temeli oluşturulmuştur (Aksoy, 2001). Dünyada organik tarıma yönelik çalışmalar, 1910 yılında Albert Howard’ın “Tarımsal Vasiyetnamesi” ile başlamış (Er, 2009; Yürüdü ve ark., 2010), 1924 yılında Dr. Rudolf Steiner’in ‘Biyolojik Tarım Yöntemi’ kursunu açması ve 1928’de de ‘Biyodinamik Tarım Enstitüsü’nü kurması ile gündeme gelmiştir. 1930’lu yıllara gelindiğinde ise kontrollü organik üretim başlamıştır (Dalbeyler ve Işın, 2017). “Organik” terimi ilk kez 1940 yılında W. Northbourn tarafından “Look To The Land” adlı eserinde ekolojik tarım sistemini tanımlamak için kullanılmıştır. 1959 yılında Fransa’da Organik Çiftçi Derneği “Groupement d’agriculteurs biologiques” kurulmuş, 1970’lerde pestisitlerin ve kimyasal gübrelerin keşfedilmesi ile entansif tarım hızla yayılmıştır. Buna karşın, “Yeşil Devrim” olarak adlandırılan bu tür uygulamalar sonucunda tarımsal üretimdeki artışın yeterli olmadığı, dünyadaki açlık sorununa çözüm olmayacağı tartışılmaya başlanmış, entansif tarımın doğal dengeyi ve insan sağlığını bozduğunu kanıtlayan araştırmalar ortaya konulmuştur (Dalbeyler ve Işın, 2017). “Yeşil Devrim” denilen tarım tekniklerinin uygulanmasıyla bazı ürünlerde neredeyse %100’e varan artışlar sağlanmıştır. Ancak, bu tarım teknikleri doğal dengenin hızlı bir şekilde bozulmasına neden olmuş ve neredeyse sürdürülemez bir gelişmenin eşiğine gelinmiştir (Ak, 2004). Bu dönemde organik tarımın önemi anlaşılmaya başlanmış ve organik tarıma katkı sağlamak amacıyla 1972’de Almanya’da IFOAM kurulmuştur. 1980’li yıllardan itibaren artan tüketici talepleri doğrultusunda organik tarım üretimi ticari bir boyuta geçmiştir (Dalbeyler ve Işın, 2017). Türkiye’de ise organik tarıma yönelik çalışmalar

1984- 85 yıllarında Avrupalı firmaların ülkemizden organik ürün talep etmesi ile başlamıştır. İlk organik ürünler kuru üzüm ve kuru incir olmuş daha sonraları fındık ve kuru kayısı da bu ürünlere eklenmiştir. Sağlıklı ve doğru gelişen bir organik tarım hareketi için 1992 yılında Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği (ETO) kurulmuştur (Anonim, 2019a). 1994 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından hazırlanan, “Bitkisel ve Hayvansal Ürünlerin Ekolojik Metotlarla Üretilmesine İlişkin Yönetmelik 18.12.1994 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı’nın denetiminde ve yönetmelik kuralları çerçevesinde organik tarım faaliyetleri böylece başlamıştır (Erdoğan ve Çakmakçı, 2015). Son olarak 01.12.2004 tarihinde Organik Tarım Kanunu, 18.08.2010 tarihinde ise Organik Tarımın Esasları ve Uygulamasına İlişkin Yönetmelik çıkarılmıştır. Türkiye, iklim ve toprak koşulları elverişli, biyolojik ve genetik çeşitliliği fazla olan bir ülke olması sebebiyle organik tarım sistemine oldukça uygun ve organik tarım potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir (Gündüz ve Kaya, 2007; Merdan, 2014). Bu çalışma, Türkiye’de organik tarımın yıllar içerisindeki gelişimi ve bugün ne aşamada olduğunu gösterebilmek amacıyla hazırlanmıştır.

2. Dünyada Organik Tarım Üretimi

Günümüzde en son verilere göre Dünya organik tarım alanı, üretim yapan 2.9 milyon çiftlikle 71.5 milyon hektara ulaşmıştır. Toplam organik üretim alanlarının %50’si Okyanusya, %20’si Avrupa, %11’i Latin Amerika ve %9 Asya ülkeleri oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Dünya: 2018 yılı bölgelere göre organik tarım alanı organik üretim alanı (FİBL, 2020)

Organik tarımda 2017-2018 yılları arasında kıtalar bazındaki büyüme Tablo 1’de verilmiştir. Organik tarım alanı büyüme oranı 10 yıllık değerlendirildiğinde; Okyanusya ve Afrika’nın büyüme hızı dikkat çekicidir. 2017-2018 yıllarına göre yıllık en yüksek büyüme oranı Asya kıtasında (+535’209 ha) (%8.9) olmuştur.

Tablo 1. 2017-2018 Dünyada Toplam Organik Tarım Alanı ve Bölgelere göre 2017-2018 ve 10 Yıllık Büyüme Rakamları.

Bölgeler	Organik Tarım Alanı 2017 (ha)	Organik Tarım Alanı 2018 (ha)	1 yıl büyüme (ha)	1 yıl büyüme (%)	10 yıl büyüme (ha)	10 yıl büyüme (%)
Afrika	1'999'846	2'003'976	+4'130	+0.2	+1'003'847	+100.4
Asya	6'002'017	6'537'226	+535'209	+8.9	+2'956'766	+82.6
Avrupa	14'382'480	15'635'505	+1'253'025	+8.7	+6'406'273	+69.4
Latin Amerika	7'995'447	8'008'581	+13'134	+0.2	+348'989	+4.6
Kuzey Amerika	3'223'057	3'335'002	+111'945	+3.5	+682'377	+25.7
Okyanusya	35'894'365	35'999'373	+105'008	+0.3	+23'847'268	+196.2
Dünya*	69'492'495	71'514'583	+2'022'327	+2.9	+35'243'503	+97.2

Kaynak: FiBL, 2020

Dünya'daki organik tarım alanlarının 2013 ve 2018 yılları arasındaki gelişimine baktığımızda alanlardaki kararlı büyüme dikkat çekicidir (Tablo 2). Kıtalarla göre 2013 yılında toplam organik tarım alanı 43.091.113 ha, 2018 yılında 71.514.583 ha' ulaşmıştır.

Ülkelerin organik üretim alanları 2018 verilerine göre karşılaştırıldığında, Avustralya (36 milyon hektar), Arjantin (3.63 milyon hektar), Çin (3.14 milyon hektar), İspanya (2.25 milyon hektar, Uruguay (2.15 milyon hektar), Fransa (2.04 milyon hektar), Amerika (2.02 milyon hektar), İtalya (1.96 milyon hektar), Hindistan (1.94 milyon hektar) ve Almanya (1.52 milyon hektar) en yüksek organik üretim alanına sahip ülkelerdir. Türkiye 646.247 milyon hektar alan ile 17. Sırada yer almaktadır (FiBL, 2020).

Tablo 2. Kıtaların yıllara göre organik tarım alanı dağılımı (ha) (FiBL, 2020)

Bölge	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Afrika	1.227.008	1.263.105	1.683.482	1.801.699	1.999.846	2.003.976
Asya	3.425.939	3.567.474	3.965.289	4.897.837	6.002.017	6.537.226
Avrupa	11.460.773	11.625.001	12.716.969	13.509.146	14.382.480	15.635.505
Latin Amerika	6.661.636	6.785.796	6.744.722	7.135.155	7.995.447	8.008.581
Kuzey Amerika	3.047.710	3.082.419	2.973.886	3.130.332	3.223.057	3.335.002
Okyanusya	17.321.733	17.342.416	22.838.513	27.346.986	35.894.365	35.999.373
Toplam	43.091.113	43.662.446	50.919.006	57.816.759	69.492.495	71.514.583

Dünyada organik tarım alanlarının %66'sı otlak ve otlatma alanı, %17'si ekilebilir alan, %7'si ise çok yıllık bitki yetiştiriciliği alanı olarak değerlendirilmektedir. Ekilebilir alanlardaki ürün dağılımında, birinci sırada pirinç (4.5 milyon hektar) tahıllar (2.6 milyon ha) yer almakta, bunu yeşil yem (2.8 milyon ha), yağlık tohumlar (1.2 milyon ha) izlemekte, en düşük oranın ise sebze yetiştiriciliğinde (676 bin ha) olduğu görülmektedir. Organik olarak yetiştirilen çok yıllık bitkiler, 2.6 milyon ha'lık bir alanı

kaplamaktadır. Çok yıllık yetiştiricilik yapılan alanların önemli bir bölümünde kahve (891 bin ha), zeytin (883 bin ha), fındık (0.3 milyon ha) ve kakao (384 bin ha) yetiştirilmektedir. Bunların dışında organik olarak üretilen diğer bazı ürünler ise şu şekilde sıralanabilmektedir; üzüm (403 bin ha), tropikal ve subtropikal meyveler (380 bin ha), ılıman iklim meyveleri (164 bin ha) ve üzüksü meyveler (42.6 bin ha). Tüm dünyada organik ürünlerin pazar değeri 63.8 milyar dolar civarındadır. Pazarın 29 milyar dolarlık kısmının ABD'ye, 9.2 milyar dolarlık kısmının Almanya'ya, 5.2 milyar dolarlık kısmının da Fransa'ya ait olduğu belirtilmektedir. Dünyadaki organik tarım alanlarının %1.2'sine sahip olan Türkiye'nin ise pazardaki payının 300-350 milyon dolar olduğu bildirilmektedir (FİBL, 2019)

3. Türkiye'de Organik Tarım Üretimi

Organik tarımın ortaya çıkışı ihracata ve dış talebe yönelik gerçekleşmiştir. Başlangıçta kuru üzüm, kuru kayısı ve kuru incir gibi geleneksel ürünler ile ihracata başlanmış ve daha sonraki yıllarda ürün sayısı işlenmiş ürünlerle birlikte düzenli bir artış göstermiştir. 1985-1986 yıllarından 1990'lı yıllara kadar 8 ürün ile üretime devam edilmiş, 2000'li yıllarla birlikte organik tarım sektörü ve ürün yelpazesi genişlemiştir. 2016 yılında ise bu sayı 213'e ulaşmıştır. Günümüzde bu ürün yelpazesi içerisinde fındık, kayısı, kuru üzüm, incir, mercimek, pamuk ve tekstil ürünleri yer almaktadır. 2004 yılında yaklaşık 13 bin üretici tarafından 209.573 bin hektar alanda 377.616 bin ton civarında organik üretim yapılırken 2018 yılı itibarıyla 79.563 üretici tarafından, 778 bin hektar alanda, 2.371.612 ton civarında organik üretim yapılmaktadır. Ürün sayısı yıllara göre değerlendirildiğinde, sürekli inişli çıkışlı bir seyir izlemekte birlikte 2003 yılında ürün sayısı 179 iken 2019 yılında bu sayı 213'e ulaşmıştır. Organik ürünlerin üretim miktarları yıllara göre incelendiğinde, organik üretim alanları ile organik üretim yapan üretici sayısının yıllara göre değişkenlik göstermesine rağmen, 2016 yılından sonra üretim miktarının azaldığı görülmektedir (Tablo 3) (Anonim, 2020a)

Tablo 3. Ülkemizde organik tarım verileri (geçiş süreci dahil) (Anonim, 2020a)

Yıl	Ürün	Çiftçi	Yetiştiricil	Doğal	Toplam	Üretim
2004	174	12.75	108.598	100.975	209.573	377.616
2005	205	14.40	93.134	110.677	203.811	421.934
2006	203	14.25	100.275	92.514	192.789	458.095
2007	201	16.27	124.263	50.020	174.283	568.128
2008	247	14.92	109.387	57.496	166.883	530.224
2009	212	35.56	325.831	175.810	501.641	983.715
2010	216	42.09	383.782	126.251	510.033	1.343.737
2011	225	42.46	442.581	172.037	614.618	1.659.543
2012	204	54.63	523.627	179.282	702.909	1.750.126
2013	213	60.79	461.395	307.619	769.014	1.620.466
2014	208	71.47	491.977	350.239	842.216	1.642.235
2015	197	69.96	486.069	29.199	515.268	1.829.291
2016	225	67.87	489.671	34.106	523.778	2.473.600
2017	214	75.06	513.981	22.148	543.033	2.406.606
2018	213	79.56	540.000	86.885	626.885	2.371.612
2019	213	74.54	502.127	3.424	505.551	3.260.997

İller bazında değerlendirme yapıldığında ise organik tarım alanı en fazla olan ilk 5 il Aydın (56.187 ha), Kars (46.237 ha), Ağrı (32.920), Van (29.969 ha) ve Muş (24.708 ha) olarak sıralanmaktadır. Ayrıca Aydın 11.107 çiftçi sayısı ve 189.801 ton üretimle en fazla üretim miktarına ve çiftçi sayısına sahip olan ilimizdir (Tablo 4) (TÜİK, 2020).

Tablo 4 4. İllere göre organik tarım verileri (2019) (TÜİK, 2020)

İller	Üretim Alanı (Ha)	İller	Üretim Miktarı (Ton)	İller	Çiftçi Sayısı
Aydın	56.187	Aydın	189800.97	Aydın	11.107
Kars	46.237	Manisa	167417.00	Rize	10.484
Ağrı	32.920	Kars	97229.43	Kars	3.177
Van	29.969	Erzurum	88492.23	Van	2.493
Muş	24.708	Van	82725.43	Manisa	2.441
Erzurum	20.836	Ağrı	80075.59	İzmir	2.227
İzmir	14.974	Niğde	66162.26	Muş	1.946
Manisa	13.505	İzmir	61283.83	Artvin	1.667
Kastamonu	10.629	Malatya	56794.37	Erzurum	1.561

Ülkemizde üretimi ve ticareti yapılan organik tarım ürünlerine ait veriler aşağıda başlıklar altında verilmektedir.

3.1. Organik Sebze Üretimi

Ülkemizde 2019 yılı toplam organik sebze üretim miktarı 35.90 ton' dur (Anonim, 2019b). 12.885 ton üretimle Manisa ili ilk sırada, İzmir 5.575 ton

üretimle ikinci sırada ve Ankara 4.876 ton üretimle üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye’de en çok üretilen organik sebze ise açık ara farkla domates (14.667 ton) ilk sırada yer alırken, biber (13.094 ton) ile ikinci sırada ve kavun (6.687 ton) üretimi ile üçüncü sırada yer almıştır.

3.2. Organik Meyve Üretimi

Türkiye’de organik meyve üretimi 2019 yılında toplam 439.336 ton’ dur (Anonim, 2019b). İller bazında bakıldığında, organik meyve üretiminin en fazla yapıldığı il 259.189 ton ile Aydın’dır. En çok üretilen organik meyve sıralamasında ise ilk sırada Zeytin (154.736 ton), ikinci sırada Elma (106.262 ton) ve üçüncü sırada ise İncir (84.098 ton) bulunmaktadır.

3.3. Organik Tarla Bitkileri

Üretimi Ülkemiz organik tarla bitkileri 2019 yılı verilerine bakıldığında, toplam 283.166 ton üretim gerçekleştirildiği görülmektedir (Anonim, 2019b). 128.242 ton üretimle en fazla tarla bitkisi üretilen ilimiz Van olup onu Erzurum (108.680) ve Kars (105.893) illeri izlemektedir. Ürünler bazında bakıldığında ise 126.666 ton üretimle buğday ilk sırada, 108.912 tonla yonca ikinci sırada yer almaktadır.

3.4. İthalat ve İhracat Verileri

Organik tarımın ilk yıllarında ihracat işlemleri tamamen hammadde şeklinde gerçekleştirilirken, günümüzde organik ürünler işlenerek ihraç edilmektedir. Bu noktada organik ürünlerin işlenerek ya da dayanıklılığı artırılarak pazarlanması hem ülke ekonomisi için hem de üretici (İhracatçı) için daha karlı olmaktadır (Tablo 5).

Tablo 5. 2018 Yılında En çok İhracatı Yapılan Organik Ürünler

Ürün Adı	Miktar (Ton)	Tutar (\$)	% Miktar	% Tutar
Buğday Ve Buğday Ürünleri	31,194.53	11,913,987.26	41.1	5.86
Meyve Ve Meyve Ürünleri	16,733.92	65,242,625.00	22.05	32.12
Üzüm Ve Üzüm Ürünleri	9,536.31	27,895,275.66	12.56	13.73
İncir Ve İncir Ürünleri	6,895.86	40,306,275.00	9.08	19.84
Fındık Ve Fındık Ürünleri	4,440.76	31,964,563.27	5.85	15.74
Kayısı Ve Kayısı Ürünleri	3,744.10	14,727,473.00	4.93	7.25
Sebze Ve Sebze Ürünleri	1,146.61	1,694,270.52	1.51	0.83
Diğerleri	850.03	2,198,960.80	1.12	1.08
Mısır	815.38	2,983,475.42	1.07	1.47
Zeytin Ve Zeytin Ürünleri	178.22	394,232.08	0.23	0.19
Baharatlar	137.75	1,850,383.93	0.18	0.91
Süt Ve Süt Ürünleri	105.53	129,053.19	0.14	0.06
Antep Fıstığı	85.87	1,566,455.26	0.11	0.77
Kanatlı Ürünleri	39.46	89,979.74	0.05	0.04
Yumurta		184,628.09		0.09
Toplam	75,904.32	203,141,638.22	100	100

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, kuru üzüm, fındık, incir, kayısı, meyve ve sebze ürünleri, baklagiller, Antep fıstığı, pamuk ve mercimek ürünleri, susam, buğday ve nohut, başlıca ihraç edilen ürünler arasında yer almaktadır (Anonim, 2020b). Çizelge 5’de elde edilen bulgulara göre, ihracatı yapılan organik ürünler arasında miktar açısından ilk sırayı 31,194.53 ton ile buğday ve buğday ürünleri alırken bunu sırasıyla 16,733.92 ton ile Meyve ve meyve ürünleri, 9,536.31 ton ile üzüm izlemektedir.

En çok ihracat yapılan ülkeler arasında İtalya 26,045.27 ton üretimi ile ilk sırada yer almıştır (Tablo 6). Bu ülkeyi sırasıyla Almanya (18,000.34 ton), Hollanda (16,039.40 ton), ABD (13,091.67 ton), Fransa (8,761.39 ton), Belçika (6,509.92 ton) ve İngiltere (5,166.17 ton) izlemektedir. İhracat yapılan ülke sayısı 14 olup, ihraç pazarını İngiltere’den sonra en fazla Avrupa birliği ülkeleri oluşturmaktadır.

Tablo 6. 2018 Yılı ihracat yapılan ülkeler (Anonim, 2019c).

Ülke	Miktar (Ton)	%Ton
İtalya	26,045.27	23
Almanya	18,000.34	16
Hollanda	16,039.40	14
ABD	13,091.67	12
Fransa	8,761.39	8
Belçika	6,509.92	6
İngiltere	5,166.17	5
İsveç	2,869.43	3
İsviçre	2,499.03	2
Kanada	2,306.25	2
Güney Kore	2,165.22	2
Birleşik Arap Emirlikleri	1,883.24	2
İspanya	1,000.25	1
Japonya	685.39	1
Diğerleri	4,667.70	4
Genel Toplam	111,690.68	100

Türkiye organik ürün ihracatı yanında organik ürün ithalatı da yapmaktadır. Soya fasulyesi, hurma, keten tohumu, elma, hindistan cevizi yağı, pirinç unu, kahve, ayçiçeği ve susam ithalatı gerçekleştirilen ürünlerden bazılarını içermektedir (Tablo 7).

Çizelge 7’de verilen bulgular ışığında, en fazla ithal edilen ürün çeşitleri arasında ise 1,518 ton ile tohumluk olmayan soya fasulyesi gelmekte, bu ürün Etiyopya’dan tedarik edilmektedir. Soya fasulyesinden sonra organik ürün çeşitleri arasında 598 ton ile hurma gelmektedir. Hurma ihtiyacını da sadece

ABD, Almanya, Cezayir, Fransa, Hollanda, İngiltere, İran, İsrail, karşılamaktadır. Üçüncü sırada ise keten tohumu gelmektedir (276 ton). Keten tohumu ithalatı da Kazakistan'dan yapılmaktadır.

Tablo 7. 2019 Yılı Organik Ürün İthalatı (Anonim, 2020c).

Ürün Adı	Miktarı	İthal Edilen Ülke
Kako ve tozu	7.1	Almanya, İngiltere, Hollanda, Peru
Kakao Yağı	1	Peru
Acai Tozu	0.36	İngiltere, Fransa, Brezilya
Adaçayı (yaprak)	1	Almanya
Agave Şurubu	7.8	Meksika
Hurma (kuru, pekmez, ezme)	598.0	ABD, Almanya, Cezayir, Fransa, Hollanda, İngiltere, İran, İsrail, Pakistan, Suudi Arabistan, Tunus
Ayçiçeği (tohumluk)	25.3	Ukrayna, Bulgaristan
Ayçiçeği ve Ürünleri	10.2	İtalya
Bezelye (Protein Tozu)	0.4	Bulgaristan
Bitkisel Yağlı Süt Bazlı Karışım	20.8	İspanya
Buğday Çimi Tozu	0.7	İngiltere
Kahve (kafeni alınmamış, kavrulmuş)	1.3	Belçika, Avusturya, İtalya
CHİA (tohumluk)	4	Almanya, Hollanda
Erik (kurutulmuş)	63.7	Fransa, Arjantin, İngiltere
Çemen Otu Tozu	1	Hindistan
Çikolata Tozu	1.2	Almanya
Çörekotu (ezilmemiş/öğütülmemiş)	52	Hindistan
Diğer müstahzar çocuk gıdaları	22.0	İsviçre
Domates (ketçapı ve diğer sosları)	52	Hollanda
Elma (kurutulmuş)	137.0	Kırgızistan
Elma Sirkesi	40	Almanya
Bitkisel çay (organik papatya, kuşburnu, zencefil limon)	4.4	Almanya
Hardal (Hazır ve tozu)	9	Fransa, Hindistan
Hindistan Cevizi (Yağ ve Unu)	89.0	Sri Lanka, Hollanda, Almanya
Karnıyarık Otu Tozu	4	Almanya, Hindistan
Keten Tohumu	276.0	Kazakistan
Kinoa	3.0	Hindistan, Almanya
Kimyon	2	Hindistan
Mango Püresi	17.2	Almanya
Meyan kökü	716	Gürcistan, Kazakistan
Muz Püresi ve Flakesi	42	Fransa, Ekvador
Yulaf Ezmesi	19.2	ABD
Palm Yağı	4.7	Almanya, Hollanda
Pirinç Unu ve Protein Tozu	9.2	Bulgaristan, Belçika
Soya Fasülyesi (Tohumluk Olmayan)	1.518	Etiyopya
Susam Tohumu (Ham)	112	Uganda
Dondurulmuş Meyve (böğürtlen ve kiraz)	12	Sırbistan, ABD
Genel Toplam	3.880	

4. Türkiye’de İç Pazarının Genel Durumu

Türkiye’de daha çok dış ülkelerden gelen talep doğrultusunda ihracata yönelik organik üretim yapılmakta, iç pazarın mevcut durumu ile ilgili sınırlı sayıda kayıt bulunmaktadır. Organik ürünler daha çok büyük kentlerde sınırlı sayıda süpermarketlerde, tarım dükkânlarında, aktarlarda ve organik halk pazarlarında satılmaktadır (Demiryürek, 2011). İç pazara yönelik olumlu gelişmeler yaşanmasına rağmen organik üretimin tarımsal üretim içerisindeki payı oldukça düşük gerçekleşmektedir. İç pazarın gelişiminin önündeki engeller; organik tarım ürünlerinin dışarıya bağımlı olarak üretilmesinin, iç pazarda gerek duyulan pazar araştırmasının yapılmamasının, organik ürün çeşitliliğinin yeterli olmaması, organik ürünlerin fiyatlarının yüksek olması ve tüketicilerin organik ürünlere ödemeye razı oldukları ortalama fiyatın %2 civarında olmasının önemli etkileri bulunmaktadır (Marangoz, 2008; İpek ve Çil, 2010; Deviren ve Çelik, 2017). Organik ürünlerin ihracatında yaşanan sorunlar ve rakip firmaların dönemsel olarak avantajlı konuma gelmeleri Türkiye’de iç pazarın gelişimi için değerlendirilmesi gereken fırsatlar arasında gösterilebilir. Bu zamana kadar iç pazarın istenilen seviyeye ulaşamamasında öncelikle insanlarda organik tarım hakkında bilgi sahibi olmamaları dolayısı ile talep yetersizliğinin rolü oldukça büyüktür. İç pazarın geliştirilmesi için organik tarım konusunda insanları tanıtım ve bilgilendirmeye yönelik çalışmalara ağırlık verilmelidir hatta eğitime ilkökul döneminden başlanmalıdır. Daha önce gerçekleştirilen araştırmalarda orta yaş grubu tüketicilerin ve gelir düzeyinin talebi belirlemede önemli etkilerinin olduğu dile getirilmektedir. Organik ürünlerin iç pazarda satışının gerçekleştirilebilmesi için süper-hiper marketlere önemli görevler düşmektedir. Fakat bu çeşit marketlerin organik ürünlere stand tahsis etme konusunda maddi sıkıntılar içerisinde olduğu ve çözüm üretmediği de bilinmektedir. Öte yandan, organik ürün satışının gerçekleştirilebileceği en önemli yerler arasında sebze ve meyve pazarları, satış dükkânları gelmektedir. Daha önce yapılan araştırmalar, tüketicilerin meyve ve sebze gibi tarım ürünlerinin yaklaşık %80’ini pazarlardan satın aldıklarını ortaya koymaktadır. Yine benzer bir çalışmada, tüketicilerin yaklaşık %55’i sebze ve meyve pazarlarını organik ürünlerin satın alınabileceği yerler olarak görmektedir (Merdan, 2014).

5. Sonuç

Türkiye’nin toprak ve su gibi doğal kaynaklarının henüz çok fazla kirlenmemiş olması ve uygun ekolojiye sahip olması organik tarım açısından avantaj sağlamaktadır. Ülkemiz üreticileri bu avantajları değerlendirerek hem üretim alanında hem de üretim miktarında her geçen yıl artış kaydetmiştir. Türkiye genelinde 2019 yılında, organik tarım yapılan 505.551 ha alanda 3.260.997 ton organik üretim gerçekleştirilmiştir. Şehir açısından bakıldığında ise yine Ege Bölgesi’nde bulunan Aydın ilinin, çiftçi sayısı,

Üretim miktarı ve üretim alanı olarak en yüksek verilere sahip olduğu görülmektedir. Ülkemizde en fazla organik sebze üretiminin yapıldığı il 12.885 ton üretimle Manisa ili ilk sırada, İzmir 5.575 ton üretimle ikinci sırada ve Ankara 4.876 ton üretimle c sırada yer almaktadır. Manisa (12.885 ton), organik meyve üretiminin yapıldığı il Aydın (259.189 ton), organik tarla bitkisinin üretiminin yapıldığı il Van (128.242 ton). En fazla üretimi yapılan organik ürünlere bakıldığında ise sebzelerde 14.667 ton ton ile domates, meyvelerde 154.736 ton ile zeytin, tarla bitkilerinde 126.666 ton ile buğday gelmektedir. Organik retimde, genel ithalat 3,880 ton, genel ihracat ise 75,904.32 ton’ dur. Tüm bu veriler ışığında, organik tarım yetiştiriciliğinde gelineen noktada önemli gelişmeler elde edilmesine rağmen, Türkiye’nin ekolojik ve topoğrafik şartları düşünüldüğünde bu gelişmelerin yeterli olmadığı görülmektedir. Ancak lkemizin tarım politikası sonucu verilen teşvikler neticesinde organik tarım üretiminin artırılacağı ve organik dünya pazarında önemli bir yere ulaşacağı düşünülmektedir

6. Referanslar

- Ak İ. 2004. Apolyont Doğal Tarım ve Hayvancılık Projesi. I. Uluslararası Organik Hayvansal retim Ve Gıda Güvenliği Kongresi, 28 Nisan–1 Mayıs 2004, 144s
- Anonim 2019a. Organik (Ekolojik, Biyolojik) Tarım Uygulamaları. https://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/332c513ef44b682_ek.pdf?ti E.T.: 22.11.2019.
- Anonim, 2019b. Organik Tarım İstatistikleri. [https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/ Bitkisel- Uretim/ Organik Tarım/ Istatistikler](https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/OrganikTarim/Istatistikler), ET, 18.11.2019.
- Anonim, 2019c. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel retim Verileri. <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>, E.T.: 24.11.2019.
- Anonim, 2020a. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel retim Verileri, <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>, E. T.: 24.11.2020.
- Anonim, 2020b. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel retim Verileri. [https://www.tarimorman.gov.tr/_Konular/ Bitkisel- Uretim/Organik- Tarım/Istatistikler](https://www.tarimorman.gov.tr/_Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler) E. T.: 07.12.2020.
- Anonim, 2020c. Tarım ve Orman Bakanlığı Destekler. <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>, E. T.: 07.12.2020.
- Dalbeyler D, Işın F. 2017. Türkiye’de Organik Tarım ve Geleceği. Tarım Ekonomisi Dergisi. 23(2), 215-222. DOI 10.24181/tarekoder.364902.

- Demiryürek, K. 2011. “Organik Tarım Kavramı ve Organik Tarımın Dünya ve Türkiye’deki Durumu”, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1): 27-36.
- Deviren, N. V., Çelik, N. 2017. “Dünya’da ve Türkiye’de Organik Tarımın Ekonomik Açından Değerlendirilmesi”, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(48):669-678
- Er C. 2009. Organik Tarım Bakımından Türkiye’nin Potansiyeli, Bugünkü Durumu ve Geleceği. İTO Sektörel Yayınlar, No:2009-3, İstanbul.
- Erdoğan Ü, Çakmakçı R. 2015. Organik Tarım. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 369s.
- FİBL, 2019. The World of Organic Agriculture Statics and Emerging Trends. <https://shop.fibl.org/chen/mwdownloads/download/link/id/1202/> E.T.: 19.11.2019.
- FİBL, 2020. The World of Organic Agriculture Statics and Emerging Trends. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/5011-organic-world-2020.pdf> E.T.: 08.12.2020.
- Gündüz Y, Kaya M. 2007. AB Tarım Politikası ve Türkiye’de Organik Tarımın Geliştirilmesi Üzerine Olası Etkisi. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi. 6 (21), 305-330. ISSN: 1304-0278.
- İpek S, Çil G, Y. 2010. “Uluslararası Ticari Boyutuyla Organik Tarım ve Devlet Destekleri”, Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 5(1):135-162.
- Marangoz, M. 2008. “Organik Ürünlerin Pazarlanması, Organik Tarım Ürünleri ve Organik Ürünler Pazarının Global ve Türkiye Açısından Analizi”, Bursa: Ekin Yayınevi
- Merdan K, Kaya V. 2013. Türkiye’ deki Organik Tarımın Ekonomik Analizi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 17 (3): 239-252.
- Merdan K. 2014. Türkiye’de Organik Tarımın Ekonomik Analizi: Doğu Karadeniz Uygulaması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erzurum, 202s.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr. E.T.: 07.11.2020.
- Yürüdü E, Kara H, Arıbaş K. 2010. Türkiye’nin Organik (Ekolojik) Tarım Coğrafyası. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi. 9 (32), 402-424. ISSN:1304-0278.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 16



**A Comparison: Root Stress Analysis of Involute Spur
Gear with Asymmetric Involute and Asymmetric
Trochoid
(Tufan Gürkan Yılmaz, Fatih Karpaz)**

A Comparison: Root Stress Analysis of Involute Spur Gear with Asymmetric Involute and Asymmetric Trochoid

Tufan Gürkan Yılmaz¹, Fatih Karpat²

¹*Department of Motor Vehicles and Transportation Technologies,
Orhangazi Vocational School, Bursa Uludağ University*

E-mail: tufanyilmaz@uludag.edu.tr

²*Department of Mechanical Engineering,
Bursa Uludağ University*

E-mail: karpat@uludag.edu.tr

1. Introduction

Involute spur gears are very popular transmission elements with their advantageous such as higher efficiency, lower cost, and simple geometry in different industrial sectors. Involute spur gears transmit high power and torque during their service life. As a result of this situation, spur gears are subjected to high stress on contact and root region of the gear tooth. High stress on the root region leads to tooth fatigue and, consequently, tooth breakage. For this reason, designers have tried to search for different methods to increase the fatigue life of the gear tooth. Gear material and geometry of teeth are the most influential parameter on stress and fatigue life. The geometry of the tooth depends on gear parameters (module, tooth number, pressure angle, rack tip radius, profile shifting, face width, etc.) (Kapelevich, 2018).

Involute spur gears are loaded unidirectional as general. So it enables using different pressure angles on the drive and coast side of the gear tooth. Increasing pressure angle on the drive side (asymmetric spur gear) is one of the most used methods to reduce contact and root stress as the area moment of inertia of critical root section and radius of curvature on the contact side increase with this change. On the other side, the contact ratio decreases with it. Increasing rack tip radius for generating the root section of the drive side is a relatively novel subject to decrease stress. The area moment of inertia of the critical section also increases with it slightly. It has a more significant effect on the notch factor of the gear tooth. The stress concentration decreases with increasing rack tip radius value. Besides, the contact ratio is not affected by this design change (Cavdar et al., 2005).

Kapelevich (Kapelevich, 2018) presents the design, analysis, manufacturing, and other fundamentals of asymmetric spur gears. The existence of asymmetric spur gears and optimization techniques are also investigated. Cavdar et al. (Cavdar et al., 2005) developed a new analytical

stress evaluation method based on DIN3990 for asymmetric spur gears. They verified this method with finite element analyses. They also compare asymmetric spur gear with profile shifted symmetric spur gears. Thomas et al. (Thomas et al., 2018) proposed another analytical method to calculate the root stress of asymmetric spur gears. The radial force effect was taken into account to evaluate compressive and bending stress. The reference point of the critical section is also discussed. Results are validated with FEA for different gear parameters. Sekar (Prabhu Sekar, 2019) investigated contact stress, fillet stress, and wear of asymmetric spur gears with FEA in ANSYS. Symmetric spur gears were also compared asymmetric spur gears for various parameters. Sekar and Muthuveeraphan (Prabhu Sekar & Muthuveerappan, 2015) put forward a new tooth form factor formulation to calculate the root stress of asymmetric spur gears. They examine the effect of different parameters on form factor with FEA. A formula was tried to develop to get a tangent angle of critical point with regression analysis. Mo et al. (Mo et al., 2018) investigated the root stress of involute asymmetric spur gears analytically. The friction effect and shear stress are also taken into account for calculation. The results are also compared with FEA results for different drive side pressure angle. Masuyama and Miyazaki (Masuyama & Miyazaki, 2016) observed the pressure angle effect on root and contact stress. They stated that using a higher drive side pressure angle is relatively better for low-strength materials than high-strength ones. They also analyzed asymmetric trochoid gears. Yilmaz et al. (Yilmaz et al., 2018) investigated the effect of using a larger coast side pressure angle on thin rimmed spur gears with finite element analyses. It is stated that increasing pressure angle decreases rim and root stress when comparing symmetric spur gears. Yilmaz et al. (Yilmaz et al., 2017) observed the influence of pressure angle and tip radius on involute internal spur gears. Finite element analyses were conducted to evaluate the root stress of asymmetric and asymmetric trochoid internal gears. It is seen that using asymmetric trochoid internal gear is better in view of stress when it is compared with asymmetric internal gears. Akpolat (Akpolat, 2018) investigated asymmetric trochoid spur gear for the selected number of teeth. Finite element analyses were performed to understand the effect of the rack tip radius, which generates the root section of the drive side.

For asymmetric trochoid gears, the limit tip radius value has to be specified as the possibility of tip interference increases with increasing tip radius. The limit tip radius value is closely related to the tooth number of gear regardless of the pinion. Spitas et al. (Spitas et al., 2015) discussed the effect of gear parameters on interference properties. A new algorithm was proposed to check interference. This method was compared the traditional analytical methods. According to results, when the number of the tooth increases, the limit tip radius of the cutter is decreases.

In this study, the asymmetric and asymmetric trochoid profiles were compared in view of root stress for selected gear parameters. For this, the mathematical equations of asymmetric and asymmetric trochoid gears are set based on Litvin's approach (Litvin & Fuentes, 2004) first. Then 3D finite element solid models were designed in CATIA. Finite element analyses were conducted for asymmetric (higher pressure angle on drive side involute) and asymmetric trochoid (higher tip radius on drive side root) spur gears. In the literature, there is no comparative study between these profiles. Besides, the limit tip radius values for asymmetric trochoid were determined with different teeth numbers in CATIA DMU kinematics. In the literature, there is no study about the limit of tip radius for the design of asymmetric trochoid gears.

2. Design of Asymmetric and Asymmetric Trochoid Gears

The geometry of spur gear tooth depends on the parameters of generating rack cutter. To design of spur gears, the mathematical expression of the rack has to be appropriately set first. Then using coordinate transformation, differential geometry, and gearing theory, mathematical equations of spur gear are obtained. Fig.1 shows the geometry of the rack cutter. $S_n (X_n, Y_n)$ is the coordinate system of a rack cutter.

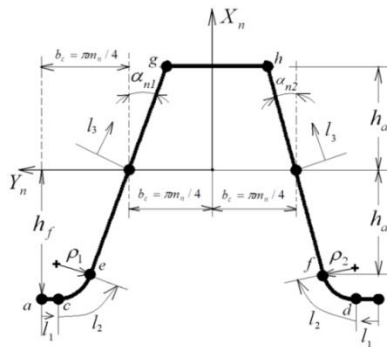


Figure 3: Regions of rack

Where m_n is the module, h_f is the dedendum, h_a is the addendum, ρ_1 is the tip radius of drive side, ρ_2 is the tip radius of coast side, α_{n1} is the pressure angle of drive side, α_{n2} is the pressure angle of coast side. The regions "ce" and "df" generate drive and coast side of the root section of spur gear, respectively, while the regions "eg" and "fg" generate drive and coast side of the involute section of spur gear, respectively. Regions "ac" and "bd" form the dedendum circle of the spur gear. In this study, "ac" and "bd" were not taken into consideration as the tip of the rack cutter was assumed as fully rounded.

In Fig.2, the relation between the rack cutter and the spur gear is presented. S1(X1,Y1) is the coordinate system of the involute spur gear.

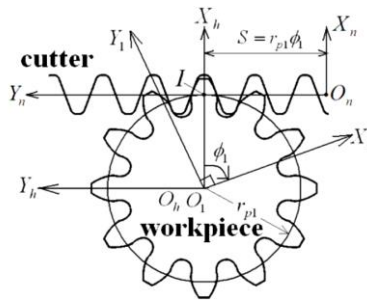


Figure 2: Relation of rack and workpiece

Where r_{p1} is the pitch radius of gear and ϕ_1 is the rolling angle of the workpiece during the manufacturing.

With using the regions equations, coordinate transformation matrix between workpiece and cutter and the gearing theory from the previous study (Doğan et al., 2018), the point coordinates of involute(1-3) and root(4-6) sections were expressed in the following equations (Eq.(1) to Eq.(6));

$$\begin{aligned} x_1 &= (-h_f + \rho_1 - \rho_1 \cos l_2) \cos \phi_1 \\ \mp (b_c + h_f \tan \alpha_{n1} - \rho_1 \tan \alpha_{n1} + \rho_1 \sec \alpha_{n1} \\ &\quad - \rho_1 \sin(l_2)) \sin \phi_1 \\ &\quad + r_{p1} \cos \phi_1 + r_{p1} \phi_1 \sin \phi_1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
y_1 &= (-h_f + \rho_1 - \rho_1 \cos l_2) \sin \phi_1 \\
&\mp (b_c + h_f \tan \alpha_n - \rho_1 \tan \alpha_n + \rho_1 \sec \alpha_n \\
&- \rho_1 \sin(l_2)) \cos \phi_1 \\
&+ r_{p1} \sin \phi_1 - r_{p1} \phi_1 \cos \phi_1
\end{aligned} \tag{2}$$

$$\phi_1 = \frac{(b_c + h_f \tan \alpha_n - \rho_1 \tan \alpha_n + \rho_1 \sec \alpha_n - \rho_1 \sin(l_2) \mp ((-h_f + \rho_1 - \rho_1 \cos l_2) \tan(l_2)))}{r_{p1}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 x_1 &= l_3 \cos \alpha_n \cos \phi_1 \mp (b_c - l_3 \sin \alpha_n) \sin \phi_1 \\
 &+ r_{p1} \cos \phi_1 + r_{p1} \phi_1 \sin \phi_1
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 y_1 &= l_3 \cos \alpha_n \sin \phi_1 \mp (b_c - l_3 \sin \alpha_n) \cos \phi_1 \\
 &+ r_{p1} \sin \phi_1 - r_{p1} \phi_1 \cos \phi_1
 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\phi_1 = \frac{\mp l_e \cos \alpha_n + b_c - l_e \sin \alpha_n}{r_{p1} \tan \alpha_n} \quad (6)$$

Where the “+” sign indicates the drive side of spur gear and “-” sign indicates the coast side of the spur gear.

When the geometry of the cutter is examined, the relation between ρ_1 , ρ_2 , α_{n1} , and α_{n2} could be expressed as Eq.(7).

$$\begin{aligned}
 \rho_1(1 - (\sin(\alpha_{n1})/(\cos(\alpha_{n1}))) + \rho_2(1 - (\sin(\alpha_{n2})/ \\
 \cos(\alpha_{n2}))) + h_f(\tan(\alpha_{n1}) + \tan(\alpha_{n2})) = \pi m_n / 2
 \end{aligned} \quad (7)$$

If ρ_2 is equal to ρ_1 , then Eq.(7) transforms to Eq.(8).

$$\begin{aligned}
 \rho_1 &= (\pi m_n / 2) - h_f(\tan(\alpha_{n1}) + \tan(\alpha_{n2})) / \\
 &2((1 - (\sin(\alpha_{n1})/(\cos(\alpha_{n1}))) + (1 - (\sin(\alpha_{n2})/ \cos(\alpha_{n2}))))
 \end{aligned} \quad (8)$$

If α_{n1} is equal to α_{n2} , then Eq.(7) transforms to Eq.(9).

$$\begin{aligned}
 \rho_1 + \rho_2 &= ((\pi m_n / 2) - 2h_f(\tan(\alpha_{n1}))) \\
 &/((1 - \tan(\alpha_{n1}))
 \end{aligned} \quad (9)$$

If two above conditions are ensured, then Eq.(7) could be written as Eq.(10).

$$\rho_1 = ((\pi m_n / 2) - 2h_f (\tan(\alpha_{n1}))) / (2(1 - \tan(\alpha_{n1}))) \quad (10)$$

For asymmetric spur gears, Eq.(8) was used for the design and analyses, while Eq.(9) was used for asymmetric trochoid gears. To design symmetric spur gears, Eq.(10) has to be ensured for the fully rounded rack cutter.

A code was prepared to get coordinates of points of involute spur gear tooth by using Eq.(1) to Eq.(10) in MATLAB. After that, these points were imported into a 3D CAD program, CATIA. The 3D 3-teeth finite element model was created. In Fig. 3, the models of asymmetric and asymmetric trochoid spur gears were presented.

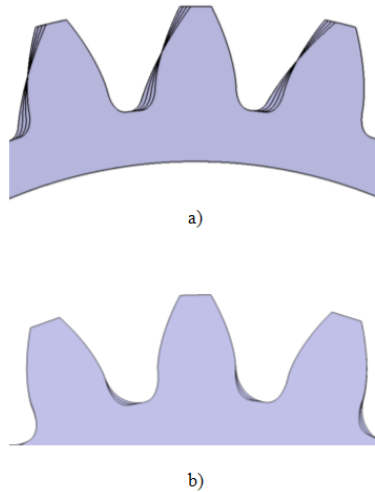


Figure 3: a) Asymmetric spur gears b) Asymmetric trochoid spur gears

3. Interference analysis

Since the root section enhances with increasing tip radius, the interference situation has to be observed for asymmetric trochoid gears. In this study, the limit tip radius values for different tooth numbers were specified with the CATIA DMU kinematics module. For this first, 3D entire models were designed as mentioned previous section in CATIA, and assembly was made by taking into account center distance. Then gears were rotated at an angle step by step. This process is repeated for different rack tip radius values until interference occurs for selected tooth numbers.

According to interference analysis, the limit tip radius value for 20 teeth number spur gear is the $0.70x m_n$, while $0.58x m_n$ and $0.53x m_n$ for 40 teeth and 60 teeth, respectively. In analyses, the maximum tip radius value for the drive side root section was taken as these obtained values. In Fig. 4, the minimum tip radius that occurs the interference situation was presented for different tooth numbers.

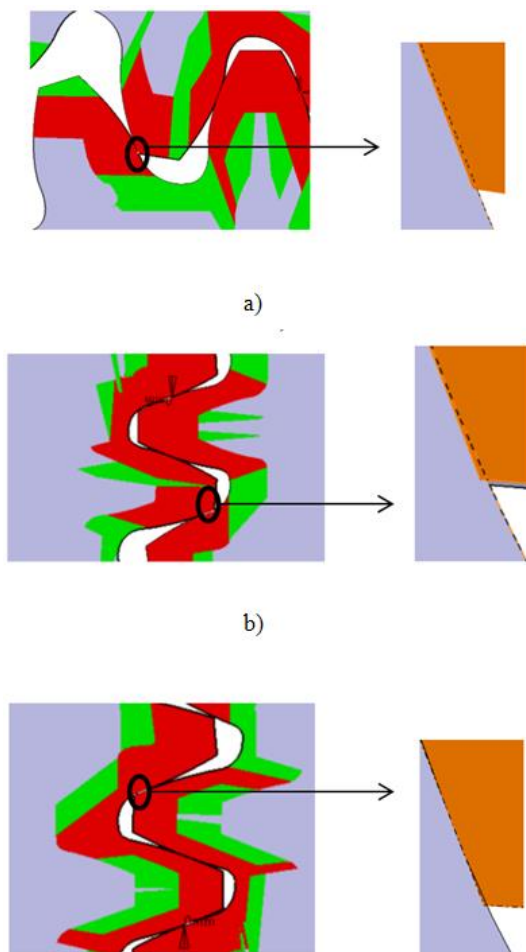


Figure 4: Interference analysis result for a) 20 teeth $\rho_1=0.71x m_n$, b) 40 teeth $\rho_1=0.59x m_n$, c) 60 teeth $\rho_1=0.54x m_n$

4. Interference analysis

To evaluate the effect of drive side pressure angle and cutter tip radius on bending stress, 3D finite element analyses were conducted. Three teeth gear models were constituted with different parameters presented as in Table 1.

Table 3: Gear Properties

Gear parameters	Asymmetric			Asymmetric trochoid		
mn (mm)	3	3	3	3	3	3
z	20	40	60	20	40	60
α_{n1} (°)	20	20	20	20	20	20
	25	25	25			
	30	30	30			
α_{n2} (°)	20	20	20	20	20	20
ρ_1 (xm _n)	0.2	0.2	0.2	0.7	0.58	0.53
				0.45	0.45	0.45
				0.2	0.2	0.2
ρ_2 (xm _n)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
b (mm)	1	1	1	1	1	1

In the analyses, hexahedral elements were used for meshing. Mesh element size was selected as 0.1. The load was applied to the highest point single tooth point (HPSTC). Fixed support was given from the lateral and bottom sides of the model. Since tooth breakage occurs on the drive side of the tooth, the maximum Von Mises stress values on this side were recorded. In Fig.5, the mesh and boundary condition properties were illustrated.

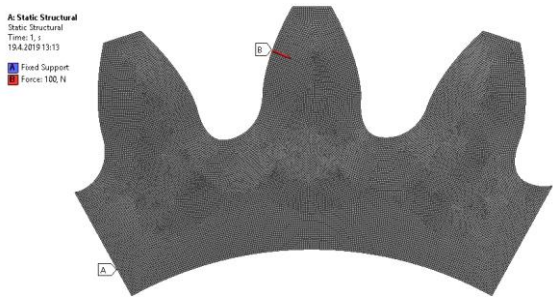


Figure 5: Mesh and boundary conditions

5. Results and discussion

To understand the drive side pressure angle on root stress, finite element analyses were conducted. The effect of the drive side pressure angle is presented in Fig.6 for different tooth numbers.

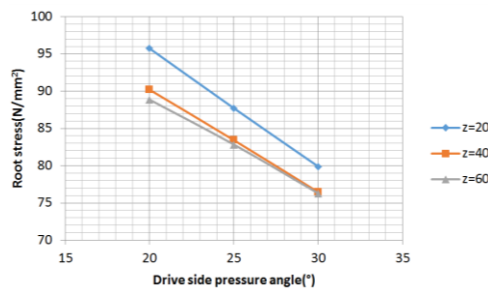


Figure 6: Effect of drive side pressure angle on root stress

It is clearly seen from Fig.6 that when the drive side pressure angle is increased, the stress decreases. Approximately 18% of stress reduction was achieved by increasing the drive side pressure angle from 20° to 30°. The tooth number also changes root stress slightly. Stress reduces nearly 7% with decreasing tooth number. The effect of tooth number loses with further increasing.

The effect of asymmetric tip radius usage on root stress was illustrated for different tooth numbers in Fig.7.

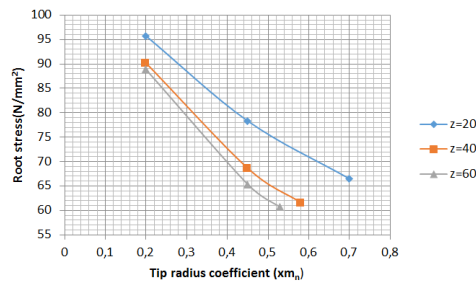


Figure 7: Effect of asymmetric trochoid on root stress

In the interference analysis section, the maximum tip radius values for different gear tooth number was pointed. According to results, tremendous stress reduction was obtained with increasing rack tip radius to generate drive side of gear tooth root section. The root stress reduced 40% with increasing tip radius value $0.2xm_n$ to $0.7xm_n$ for 20 teeth. It is an expected result as with increasing tip radius, the thickness of the root section increases, and the notch effect decreases.

According to results, the tip radius has a more significant effect on root stress than the drive side pressure angle for different tooth numbers. As the contact ratio decreases with the drive side pressure angle, the HPSTC point approaches the tip of the tooth. For this reason, the moment arm from the load point to the critical section of root increases. Although the critical

section thickness increases with an increasing drive side pressure angle, this situation affects to stress negatively.

6. Conclusion

In this study, the effect of the drive side pressure angle and rack tip radius, which generated the root section of the drive side of the gear tooth, were analyzed and compared with the FEA. For this first mathematical definition of asymmetric and asymmetric trochoid gears were set. Then 3D models were designed in CATIA for finite element analyses. In ANSYS, stress analyses were conducted for different gear parameters. According to results, the asymmetric trochoid concept is much more advantageous than an asymmetric concept. Stress reduction is higher than asymmetric gears for the given tooth number. Besides, as the drive side pressure angle does not change in the asymmetric trochoid concept, the contact ratio remains constant. So, this method could be used for bi-directional applications.

7. References

- Akpolat, A. (2018). Reduction of tooth root bending stresses in gears generated by symmetric cutter with asymmetric tip radii. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(2), 713-727. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416479>
- Cavdar, K., Karpat, F., & Babalik, F. C. (2005). Computer Aided Analysis of Bending Strength of Involute Spur Gears with Asymmetric Profile. *Journal of Mechanical Design*, 127(3), 477. <https://doi.org/10.1115/1.1866158>
- Doğan, O., Yılmaz, T. G., & Karpat, F. (2018). Stress analysis of involute spur gears with different parameters by finite element and graphical method. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(4), 1493–1504. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416445>
- Kapelevich, A. (2018). *Asymmetric Gearing* (First Edit). CRC Press Taylor&Francis Group.
- Litvin, F., & Fuentes, A. (2004). *Gear Geometry and Applied Theory* (Second Edi). Cambridge University Press.
- Masuyama, T., & Miyazaki, N. (2016). Evaluation of load capacity of gears with an asymmetric tooth profile. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40712-016-0064-0>

- Mo, S., Ma, S., & Jin, G. (2018). Research on composite bending stress of asymmetric gear in consideration of friction. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 0(399), 095440621879797. <https://doi.org/10.1177/0954406218797975>
- Prabhu Sekar, R. (2019). Performance enhancement of spur gear formed through asymmetric tooth. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 0(0), 135065011983782. <https://doi.org/10.1177/1350650119837822>
- Prabhu Sekar, R., & Muthuveerappan, G. (2015). Estimation of tooth form factor for normal contact ratio asymmetric spur gear tooth. *Mechanism and Machine Theory*, 90, 187–218. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2015.03.019>
- Spitas, C., Spitas, V., & Amani, A. (2015). Multi-parametric investigation of interference in non-standard spur gear teeth. *Mechanism and Machine Theory*, 88, 105–124. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2015.02.008>
- Thomas, B., Sankaranarayanan, K., Ramachandra, S., & Suresh Kumar, S. (2018). Search method applied for gear tooth bending stress prediction in normal contact ratio asymmetric spur gears. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 232(24), 4647–4663. <https://doi.org/10.1177/0954406217753235>
- Yilmaz, T. G., Doğan, O., Yüce, C., & Karpat, F. (2017). Improvement of loading capacity of internal spur gear with using asymmetric trochoid profile. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 11. <https://doi.org/10.1115/IMECE2017-71009>
- Yilmaz, T. G., Kalay, O., & Karpat, F. (2018). Stress Analysis of Thin Rimmed Asymmetric Spur Gears. *International Journal of Advances on Automotive and Technology*, 2(3), 143–150. <https://doi.org/10.15659/ijaat.18.09.991>

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 17



**A Preliminary Microbiological Study for Entomology
Museums: Isolation of Bacterial Microbiota from
Dytiscus spp. (Coleoptera: Dytiscidae)
(Mehmet Bektaş)**

A Preliminary Microbiological Study for Entomology Museums: Isolation of Bacterial Microbiota from *Dytiscus* spp. (Coleoptera: Dytiscidae)

Mehmet Bektaş

Hınıs Vocational Collage, Atatürk University, Hınıs, Erzurum, Turkey.

E-mail:mbektash25@gmail.com

1. Introduction

Insects are one of the richest groups in the world of living things in terms of species diversity, and researches on the microbiota of the insect gut and other body parts have increased in recent years (Bektas et al., 2021).

Entomology museums have an important place in scientific research of insect. The Entomology Museum, which is composed of insects collected for half a century in the Plant Protection Department of Atatürk University. 50 thousand insects shed light on the science of entomology. In the Museum, which is among the international insect museums under the name "Entomological Museum of Erzurum Turkey", both native and abroad scientists benefit from there for their researches and projects. (Anonim a, 2018).

Besides, "Prof. Dr. Niyazi Lodos Insect Entomology Museum-LEMT", which is the first and richest insect museum in Turkey within the body of Ege University (EU), is an important reference in many diagnostic problems from universities, research institutions. It is in location of the city and there are 5 million insects of various species. (Anonim b, 2018).

Most of insects belong to Coleoptera order. The order, which is expressed as 'hard-winged', is the insect group represented by the most species on earth. 40% of existing insects are in this order (Bektaş, 2015).

Dytiscida family is on the list of edible insects among Coleoptera, so that it draws attention in researches (Ramos-Elorduy et al., 2009). Also, it is known that various parasites use Dytiscidae (Coleoptera) family as hosts. Insect larvae of this family are also attacked by many ecto-parasites (Nilsson 1996). Protozoa and protozoan parasites also invade into gut of both larvae and adults (Usinger 1968; Nilsson 1996). However, it is also known that these insects are exposed to the effects of pinworms (*Gordius* spp. and related genera), trematodes and ticks. (Usinger, 1968).

It has been emphasized that bacteria are the most common microorganisms associated with insects, and although some of them are not

pathogens, a significant portion of them cause diseases in entomopathogenic research. It has been stated in these entomopathogenic studies that insects killed by bacteria (especially in the larval stage) quickly darken in color, destruction occurs in their organs and tissues, a rotten-like odor occurs, and after the death of the insect, these pathogenic bacteria cluster in large numbers. (Yoshinori and Kaya,1992).

These museums are intertwined with pathological risks, and using museum materials are known to deform over a long period of time. As a result, it is important for researchers of zoology and entomology museums and laboratories to be informed about microbial hazards.

2. Material and Methods

Surface sterilization was performed by treating with 70% alcohol for 5 minutes in order to eliminate possible contaminant microorganisms after dead insect has been brought to our study laboratory. It was then washed with sterile distilled water to remove alcohol. Gut structures of the insects, on which surface sterilization was performed, was dissected and separated in a sterile environment in the laboratory, inoculating were made for bacteria identification without waiting. Gut structure of the insect was homogenized in sterile physiological saline with the help of vortex, and then serial dilutions were prepared, 100 μ L of these dilutions were taken with a sterile pipette and planted on general growth medium (blood agar, nutrient agar, etc.). In order to prevent possible contamination, these processes were carried out in bio-safety cabinet.



Picture 1: (A) *Dytiscus* spp (Dydiscidae). Extract to swab sample of insect gut (B and C) Colony formations grown on general growth medium (blood agar) (D) Colony formations grown on selective medium (EMB)

3. Results and Discussion

There are generally an opinion that our results will be beneficial in terms of evaluating the current pathological risk possibilities, especially in entomology museums, and also in terms of determining the negative diseases that we will encounter and taking necessary precautions.

Since the study phase coincided with the winter season, live insects could not be obtained. Therefore, a dead insect (*Dytiscus* spp) it belongs to

Dydiscidae family that gathered around Umudum village of Erzurum central Yakutiye district and collected in 1998 was used. Gut structure of the species was opened and samples were taken for microbiota study. In this study, taking samples from the intestinal structure and reproduction in the swab samples are shown in Fig. 1.

As can be understood from these studies carried out in the past years; our research from Erzurum province is more effective scientific and technical approaches. It will emerge with the detection of entomopathogenic organisms and the emergence of bacterial microbiota that will directly or indirectly affect human health. We believe that we provide useful information for the protection of technical-academic personnel working in museums.

Due to more important, studies of bacterial microbiota on terrestrial insects is less importance than studies of aquatic insects, so we gain as agricultural and drinking water where they are found.

We think that the future biological control of these hosts will take an active role with the awareness of researchers working in entomology laboratories and museums. Detection of some vector aquatic Coleoptera insects may pose a risk to human and environmental health. We expect that the detection of these vectors will be possible with the presence of bacteria, previously known to cause disease in humans, in the intestinal microbiota of these organisms.

Consequently, presence of reproduction in the samples of intestinal contents is very important in terms of infection risk in museums and laboratories. Molecular techniques could not be performed due to limited laboratory facilities for proliferation bacteria, but bacteria at genus level has been defined, such as; *Enterobacter*, *Klepsiella* and *Bacillus* spp.

4. Acknowledgement

I would like to thank to Prof. Dr. Ozlem Baris and Asst. Prof. Dr. Figen Orhan who provided technical support in microbiological studies and member of Ataturk University

5. References

- Anonim (a), 2018. <http://www.ntboxmag.com/2018/01/04/yarim-asirlik-entomoloji-muzesi-bocek-bilimine-isik-tutuyor/>.
- Anonim (b), 2018. <https://www.agaclar.net/forum/bortu-bocek/4701.htm> (15.09.2018).
- Bektaş M., 2015. Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis ve Osmaniye illeri Helophoridae, Hydrochiidae ve Hydrophilidae (Coleoptera) Faunası. Doktora Theses. Ataturk University. Science Institute. 1-4.

- Bektaş, M.; Orhan, F.; Erman, Ö.K.; Barış, Ö. Bacterial microbiota on digestive structure of *Cybister lateralmarginalis torquatus* (Fischer von Waldheim, 1829) (Dytiscidae: Coleoptera). Archives of Microbiology 2021, 203, 635–641, doi:10.1007/s00203-020-02049-w.
- Nilsson, A. N., 1996. Aquatic Insects of North Europe- A Taxonomic Handbook. 172 p, Stenstrup. Nilsson, A. N., 1997. On Flying Hydroporus And The Attraction of *H. incognitus* To Red Car Roofs. Latissimus, 9, 12-16.
- Yoshinori T. and Kaya H.K. (1992). Insect Pathology. Academics Press Inc. 82 -84.
- Usinger, R. L., 1968. Aquatic Insects of California. University of California Press, 508 p, California, USA.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M., Martinez, V.H.C. 2009. Edible aquatic coleopteran of the world with an emphasis on Mexico. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 5, 2.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 18



**Exoskeleton Robot Design Using Hybrid Actuators –
A Review Study
(Ozgur Baser, Ergin Kilic)**

Exoskeleton Robot Design Using Hybrid Actuators – A Review Study

Ozgur Baser, Ergin Kilic

*Suleyman Demirel University, Department of Mechanical Engineering,
Isparta, Turkey,*

E-mail:ozgurbaser@sdu.edu.tr,

*Suleyman Demirel University, Department of Mechanical Engineering,
Isparta, Turkey,*

E-mail:erginkilic@sdu.edu.tr

1. Introduction

In this article, a review study of an exoskeleton robot design is presented in which hybrid actuators were used in the joints. In this project, biomimetic design and control of a stable, safe and user-friendly lower limb exoskeleton robot, inspired by the biomechanical behavior of human body joints, was carried out. Exoskeleton robots significantly facilitate the lives of sick, elderly and healthy people. These robots are used for assisting limbs in sick and elderly people, and to increase strength in healthy people. It is known that human lower limb joints provide a flexible and stable range of motion by constantly changing the stiffness and damping in the joints. In today's technology, there are exoskeleton robot designs in which only the stiffness can be changed. However, although hybrid actuator designs that can change both stiffness and damping parameters independently of each other have started to be used in humanoid robots, the use of these hybrid actuators in exoskeleton robot designs has not yet become widespread. For the exoskeleton robot developed in this project, a hybrid actuator design that can independently change both stiffness and damping values in the wrist joints, and a hybrid actuator designs containing a serial elastic actuator and a modifiable damping actuator were used in the knee and hip joints. With these designs, a biomimetic flexible exoskeleton robot that can control mechanically adjustable impedance (stiffness and damping) values in real time in all joints has been presented to the literature. The aforementioned study was supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBİTAK) Career Project within the scope of the project code 213M297.

2. Exoskeleton Robot Development Studies and Discussions

When human lower limb joint biomechanics studies were examined, it was concluded that the stiffness and damping parameters of the joints should be changed simultaneously in order to achieve a stable and flexible walking

ability for the human body. It is seen that researchers have started to develop lower limb exoskeleton robot designs in which serial elastic actuators or variable stiffness actuators are used in exoskeleton joints. In addition to constant stiffness or variable stiffness in the joints, variable damping has been added to the lower limb exoskeleton robot design for the first time in the literature in our project titled "Design and Control of a Biomimetic Lower-Limb Exoskeleton Robot". This variable damping capability in the joints is provided by MR brake (Magneto-Rheological brake / Magneto-Rheological brake) designs specially developed for the needs. MR brakes enable the damping coefficient in the joints to be adjusted at the desired level according to the current applied to the coils in their internal structure. With this method, a very effective solution has been presented for the damping of vibrations that may occur in walking movements that require a fast but non-oscillating response in exoskeleton robots.

The first outcomes of our work was the development of an optimum MR brake design for a variable impedance joint design, which was converted into broadcast in reference [1], and testing this developed rotational brake design on the lower limb wrist robot joint. This study shows that the use of equipment with variable damping in the joints of lower limb exoskeleton robots provides advantages such as stability and oscillation control. In Figure 1, the integration of the MR brake into the variable stiffness wrist joint exoskeleton robot designed within the scope of the project, and the step input responses of this robot at different stiffness and damping values are shown.

When we examine the studies in the literature, it has been seen that although variable stiffness actuators have been tested on the hip and knee joints of lower limb robots, no variable stiffness actuator suitable for the ankle joint has been designed due to the proximity of the ankle joint to the ground and the narrowness of space. However, when biomechanical studies are examined, it is known that the joint where variable stiffness is most needed is the ankle joint. For this purpose, a variable stiffness wrist joint design was developed in the VS-AnkleExo study presented in reference [2], in which the stiffness adjustment mechanism is embedded below the knee close to the calf. In the related study, experiments of this mechanism were carried out and it was concluded that the novel design met the requirements for daily life activities. In Figure 2, the designed variable stiffness wrist joint exoskeleton robot and the closed loop Bode diagram responses achieved for this robot are shown.

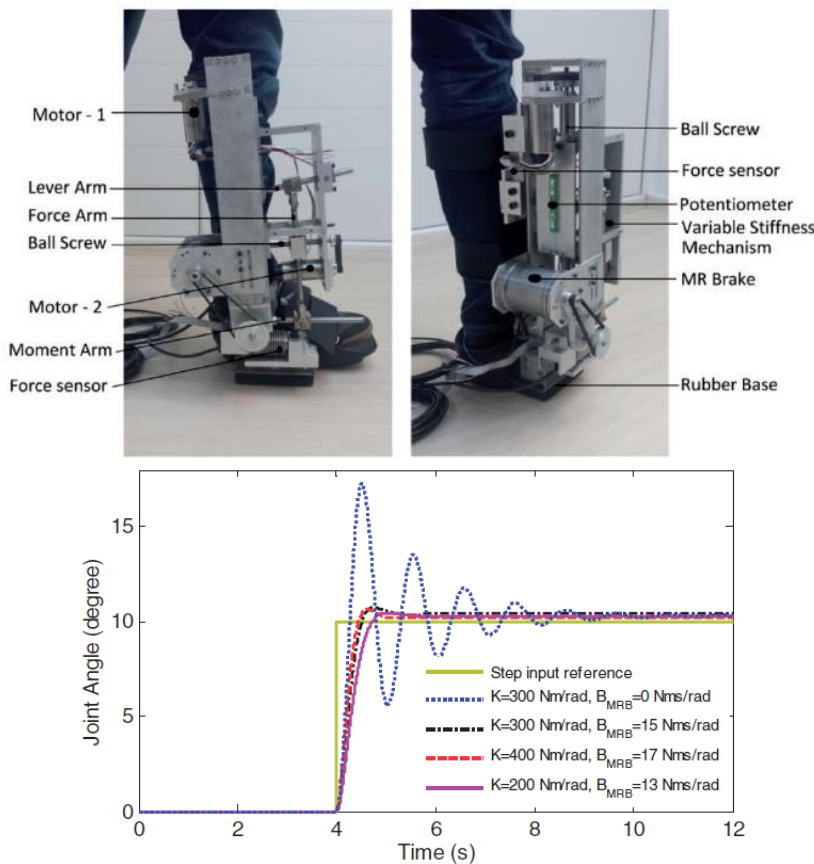


Figure 1: Integration of MR brake to variable stiffness ankle joint exoskeleton robot and step input position control responses of this robot at different stiffness and damping values [1]

While variable stiffness is especially required in the human wrist joint, constant stiffness is sufficient in the knee and hip joints. For this reason, a lower-limb exoskeleton robot named BioComEx with variable stiffness in the wrist joint and constant stiffness in the knee and hip joint was designed and its first trial tests were carried out. In this BioComEx design, the stiffness mechanisms of the knee and hip joints are embedded at the level of the thigh above the knee, and the stiffness mechanism of the wrist joint is embedded at the level of the calf, giving the robot a compact structure. Detailed information about this study is presented in reference [3]. Figure 3 shows the view of the BioComEx design in different positions and the experimental results for the position control of the robot. From these results, it has been seen that the flexibility of the joints is not sufficient, especially at high walking speeds and under disturbance effects.

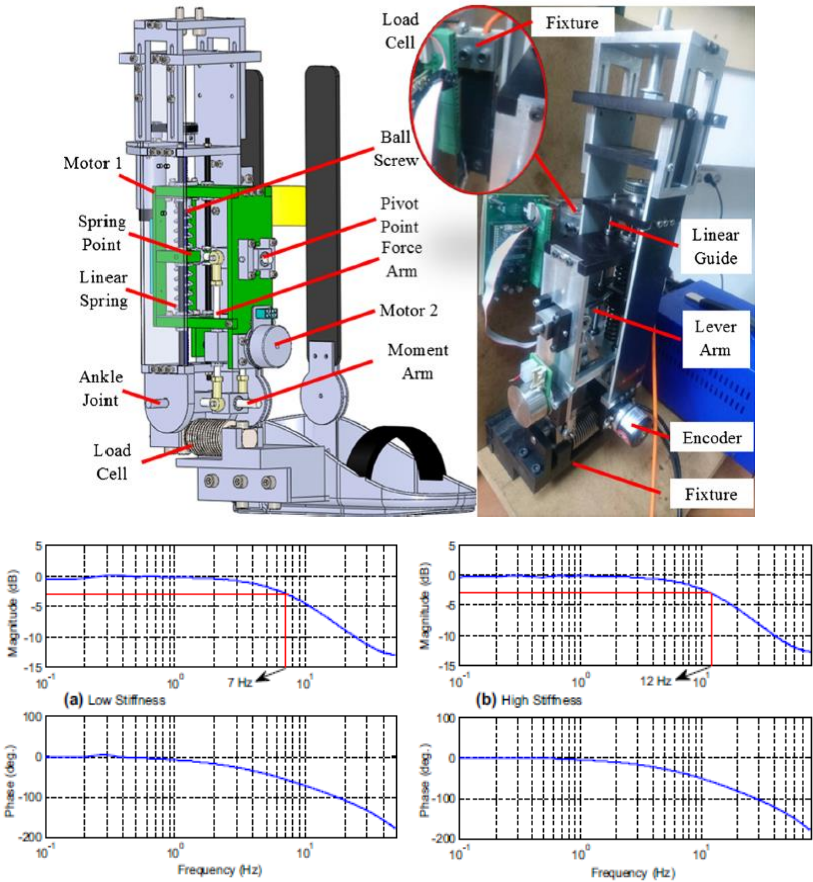


Figure 2: Variable stiffness ankle joint exoskeleton robot (VS-AnkleExo) design and Bode diagram of the closed loop impedance control algorithm applied to the robot [2]

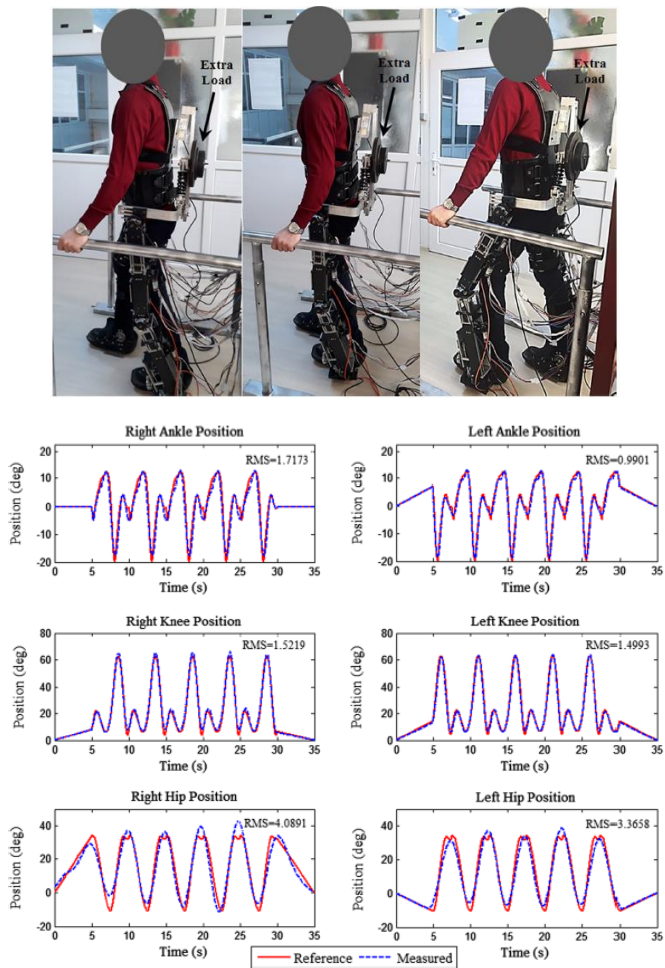


Figure 3: A group of posture views of BioComEx and robot-in-charge experimental results of the robot [3]

As a result of the inadequacy of flexible joints for fast walking frequencies and sudden disturbance forces, MR brakes, which were previously developed to provide variable damping feature to each joint, have been added to BioComEx, thus providing variable impedance (variable stiffness and/or damping) at each joint. Hence, for the first time in the literature, an entire lower limb exoskeleton robot with variable impedance has been developed. Detailed information has been published in reference [4]. Figure 4 shows the adaptation of this variable impedance exoskeleton robot on a hemiplegia patient and the results of the position control experiments.

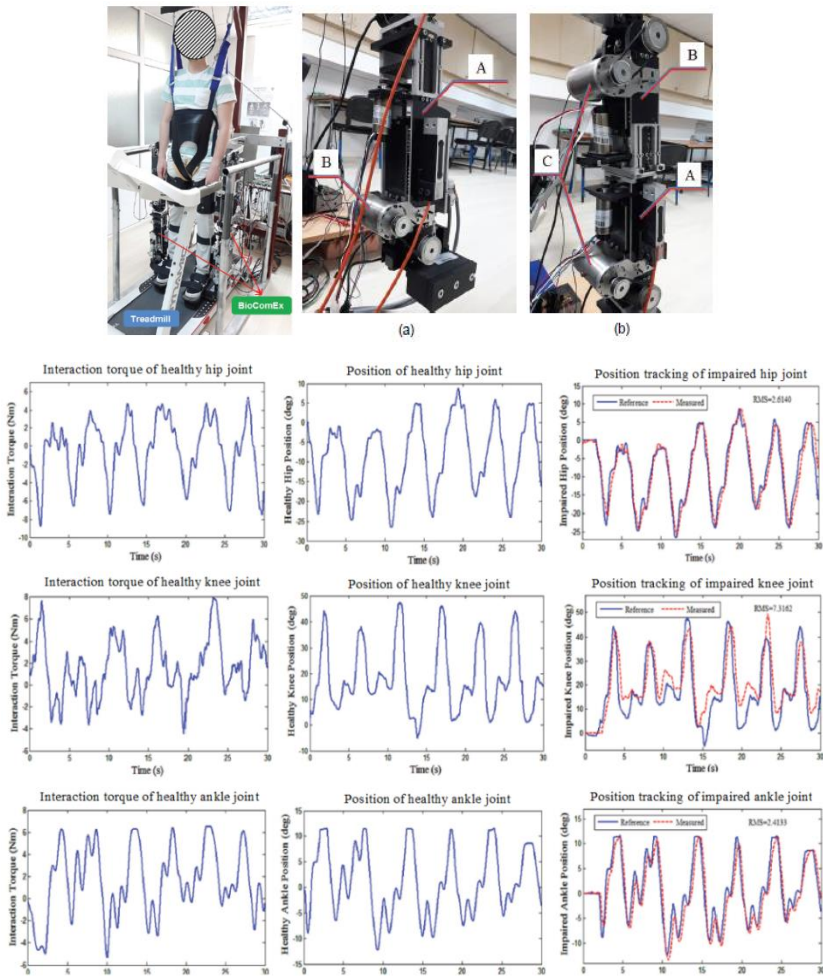


Figure 4: Variable impedance exoskeleton, robot joints and experimental results of the position control of the robot applied on a hemiplegia patient [4]

Some additional studies were also carried out for the selection and development of the optimal position controller, which is stable against the disturbance effects of exoskeleton robots (for example; the disturbance effects that occur during heel hitting the ground). One of these studies was published in reference [5]. In this study, the performance of the VS-AnkleExo ankle exoskeleton robot, with PID, Fuzzy PD, Fuzzy PD+I, Fuzzy PD+PID and ZTS Fuzzy PD position control algorithms, was investigated under disturbance effects. Trajectory control performances of these controllers under variable disturbance forces are compared in Figure 5. It is concluded that Fuzzy PD+PID algorithm has the best performance among these algorithms.

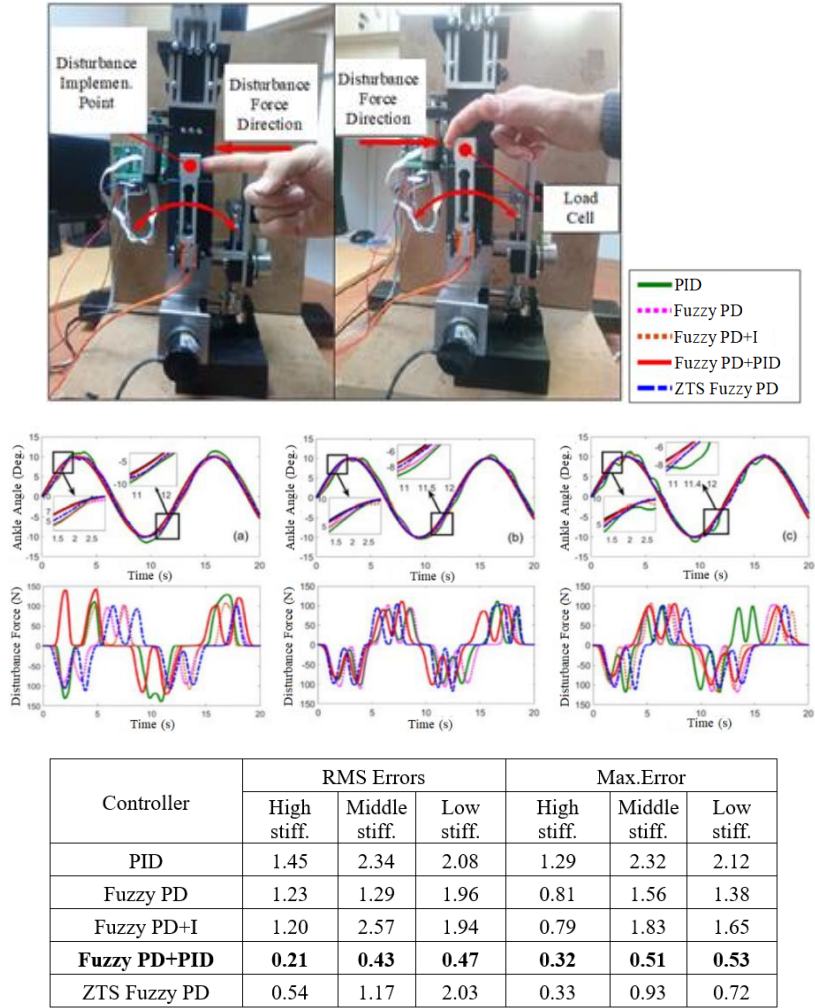


Figure 5: Sine input responses of the controllers under disturbing forces for (a) high, (b) middle and (c) low ankle joint stiffness values and the position errors of these responses [5]

During the implementation of this developed exoskeleton robot with variable impedance on users, the user’s stiffness values should be mimicked closely by the robot ankle joint while walking. For this reason, the patients with hemiplegia (unilateral paralysis) were considered first. Stiffness values were estimated during the movement of the patient's healthy joint, based on the Mykin muscle model, through the surface EMG sensors attached to the ankle muscles of the healthy leg side, and these estimated stiffness values were simulated in real time in the exoskeleton robot ankle joint on the problematic joint side. This study was performed on only one ankle joint and its effectiveness is shown in reference [6]. The test setup and experimental results implemented for this study are presented on Figure 6.

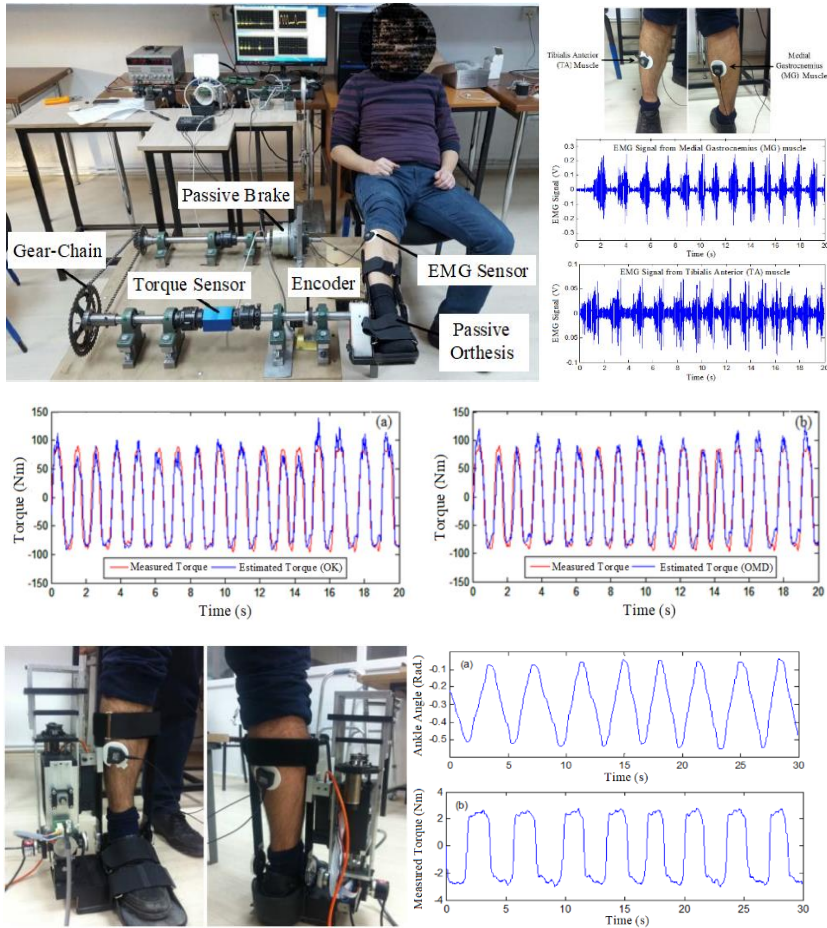


Figure 6: Experiment setup for ankle stiffness estimation, EMG signals received from muscles, torques estimated by Root Mean Square (a) and Mean Absolute Value (b) feature extraction methods, test setup for real-time application and the results of impedance control experiments with variable stiffness using EMG-based stiffness estimation [6]

3. Conclusion

In this review study, the results obtained in TUBİTAK-ARDEB-supported research project "Design and control of a biomimetic lower limb exoskeleton robot", which is carried out in parallel with current international studies, are presented. According to these results, which are given as summary information, the adjustable stiffness and damping of the robot joints provide stability against disturbance effects and more compatibility with the user. In exoskeleton robot applications, joint position tracking can be

performed more precisely by choosing optimum control techniques. In addition, the stiffness estimations can be achieved with surface EMG sensors on the muscles of human limb joints, and these stiffness changes can be imitated with these robots with variable impedance. In this study, a roadmap was presented to the readers by giving brief analyzes on lower limb exoskeleton robot designs and its real time applications.

Acknowledgements: The author would like to thank to TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) for the financial support of a research Project Numbered with 213M297.

4. Referanslar

- [1] O. Baser, M. A. Demiray, Selection and implementation of optimal magnetorheological brake design for a variable impedance exoskeleton robot joint. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2017; 231,5: 941-960.
- [2] O. Baser, H. Kizilhan, Mechanical design and preliminary tests of VS-AnkleExo, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2018; 40,442: 1-16.
- [3] O. Baser, H. Kizilhan & Kilic, E. (2019). Biomimetic compliant lower limb exoskeleton (BioComEx) and its experimental evaluation, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2019; 41,226: 1-5.
- [4] O. Baser, H. Kizilhan, and E. Kilic, Employing variable impedance stiffness damping hybrid actuators on lower limb exoskeleton robots for stable and safe walking trajectory tracking, Journal of Mechanical Science and Technology, 2020; 34,6: 2597–2607.
- [6] E. Kilic, B. Sekerci, H. Kizilhan, and O. Baser, Evaluation of position tracking control performance of a variable stiffness ankle exoskeleton robot with various controller types, Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University, 2020; 35,3: 1551-1563
- [6] E. Kilic , O. Baser , H. Kizilhan, EMG-based stiffness estimation of ankle joint and real-time implementation on a variable stiffness ankle exoskeleton robot, Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University, 2021; 36,1: 225-239.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 19



**Tahıl ve Ürünlerinde Mikrobiyolojik Bozulmalar
(Sabire Yerlikaya, Seyfullah Keleş)**

Tahıl ve Ürünlerinde Mikrobiyolojik Bozulmalar

Sabire Yerlikaya¹, Seyfullah Keleş²

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye,
E-mail: sabirebattal@kmu.edu.tr

²Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye,
E-mail: seyfullah_keles42@hotmail.com

1. Giriş

Tahıllar, uzun yıllar boyunca insanların tükettiği temel gıda kaynaklarından biri olmuştur. Buğdaygiller, Gramineae (Poaceae) familyasından olup tek yıllık bitkilerin tohumlarıdır. Buğdaygiller familyasında 400 cins ve 4500 tür belirlenmiştir. Ülkemiz, içerisinde bulunduğu iklim şartlarının, tahılların yetiştirilmesi için uygun olması nedeniyle tahıl üretiminde önemli ülkeler arasında yer almaktadır. Bu sebeple tahıl ve tahıl ürünlerinin, ülke ekonomisinde ve toplum beslenmesinde önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Dizlek, 2012).

TÜİK verilerine göre 2020 yılında yaklaşık 37,2 milyon ton tahıl üretimi gerçekleştirilmiştir (Tüik, 2020). Diğer gıdalarda olduğu gibi tahıllarda da büyüme, hasat ve depolama sırasında çeşitli patojen mikroorganizmalarla kontamine olma riski mevcuttur (Bianchini ve Stratton, 2019). Tahıl tanelerinin büyümesi esnasında yüzeyinde epifilitik mikroflora gelişim gösterir. Gelişen mikrofloranın besin maddesi, bitki hücrelerinin salgıları, toz ve toprak gibi yüzeysel kir maddeleri olabilir. Tahıl tanelerine diğer bulaşı ise hasat sırasında toprak ve havada bulunan mikroorganizmalar ile gerçekleşebilir (Gül ve Özçelik, 2000). Tahıllar genel olarak %10-12 nem içeriğine sahip olup su aktiviteleri ortalama 0,60'dır (Bolat, 2016). Tahılların düşük nem ve aw'ye sahip olmaları, onların diğer gıdalara oranla mikrobiyal gelişme açısından daha az riskli gruba girmelerine neden olmaktadır. Fakat hasat ve depolama sırasında uygun koşullar uygulanmaması durumunda aw değeri yükselebilir. Su aktivitesi değerinin 0,60'ın üzerine çıkması halinde bakterileri, küf ve maya oluşumu gözlemlenmeye başlar. Bu mikroorganizmalar asit oluşturarak ekşimeye neden olurken; alkol ve CO₂ gibi ürünler de ortaya çıkarak bozulma gerçekleşir. Tahılların florasında yaygın olarak *Pseudomonadoceae*, *Micrococcaceae*, *Lactobacillaceae* ve *Bacillaceae* bakterilerine, *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* ve *Rhizopus* küflerine rastlanılmaktadır (Russo ve ark., 2017).

Bu çalışmanın amacı ise çeşitli tahıl ürünlerinde görülen mikrobiyolojik bozulmaları tanımlayarak bozulmaya neden olan *Penicillium* küfü ile *Candida* mayası hakkında bilgi vermektir.

2. Tahıl Ürünleri

Tanelerinin çoğunluğu yüksek oranda nişasta içeren, öğütüldüğünde un ve kepek elde edilen, protein, yağ ve mineral içeren, belirli sıcaklık altında yetişen ürün grubuna tahıl (hububat) denilmektedir. Üretimi yapılan başlıca tahıl çeşitleri; buğday, mısır, pirinç, arpa, çavdar, yulafıdır (Elgün ve Ertugay, 2002). Tablo 1’de dünyada üretimi yapılan hububatların yıllara göre üretim (Toprak Mahsülleri Ofisi, 2019) miktarları verilmiştir.

Tablo 1: Dünya Hububat Üretim Miktarları (Milyon Ton)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Buğday	655	701	659	718	732	740	757	763	732	763
Mısır	849	907	901	1.032	1.061	1.023	1.132	1.090	1.129	1.119
Arpa	124	134	131	145	144	150	148	145	139	156
Yulaf	20	23	21	24	23	22	24	24	22	23
Çavdar	12	13	14	17	15	13	13	13	11	13
Diğer**	5	4	5	4	4	4	4	5	106	102
Dünya	1.774	1.849	1.829	2.043	2.092	2.058	2.187	2.142	2.139	2.176

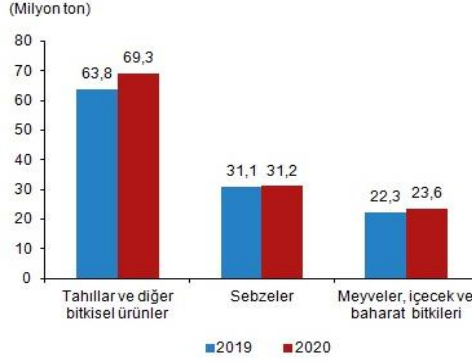
(**) Sorgum, Darı, Triticale ve Karma Hububat

Çizelge 1’de görüldüğü gibi, hububat üretiminde son yıllarda en yüksek rakamlara ulaşılmıştır. Dünya genelinde gıda, yemlik buğday ve arpa ile endüstriyel mısır kullanımının artmasından dolayı hububat tüketimi de artış göstermiştir (Toprak Mahsülleri Ofisi, 2019).

Türk toplumunun beslenmesinde tahıl ürünleri büyük bir yer tutmaktadır. Tüketiciler günlük enerji ihtiyacının yaklaşık %50'sini ekmekten, %8'ini bulgur, makarna, pirinç ve diğer tahıl ürünlerinden sağlamaktadır (Dal, 2012). Şekil 1’de 2019-2020 yıllarında Türkiye’de tahıl ve diğer gıda ürünlerinin tüketim oranları görülmektedir. Görüldüğü gibi Türkiye’de beslenmenin büyük bir kısmını tahıl ve tahıl grubu ürünler oluşturmaktadır.

Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) dünyada en fazla yetiştiriciliği yapılan buğday türüdür. Dünya buğday üretiminin yaklaşık %95'ini oluştururken, geriye kalan %5'lik kısmını ise makarnalık buğday türleri oluşturmaktadır. Dünyada farklı türlerde ekmeklik buğday çeşidi bulunmaktadır. Bu buğday çeşitleri mevsimsel olarak kış veya ilkbahar buğdayı; tane sertliği ve hamur özelliklerine göre sert (güçlü), orta güçlü ve yumuşak buğday olarak sınıflandırılmaktadır. Sert buğday çeşitlerinin

yapısında bulunan yüksek gluten proteininden ve bileşiminden dolayı ekmek üretimi için daha uygun olduğu belirtilmiştir. Kek ve bisküvi ürünlerinin hazırlanmasında ise yumuşak buğday çeşitleri tercih edilmektedir. Orta güçlü buğday çeşitleri ise daha çok mayasız ekmek yapımında kullanılmaktadır (Yeşilyurt, 2020).



Şekil 1: Türkiye’de Bitkisel Tüketim Oranları (Tük, 2020)

Mısır (*Zea mays*), dünya genelinde en çok yetiştirilen tahıl ürünlerinden biri olup; *Poaceae* familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Mısır yetiştiriciliği genellikle ılıman bölgelerde yapılmaktadır. Birçok ülke mısırı temel gıda kaynağı olarak tüketime sunmaktadır. Mısır, hem insan beslenmesi amacıyla hem de hayvan yemi olarak yetiştirilmektedir. Tüm Dünya’da üretilen mısırların yaklaşık %21’i gıda olarak tüketilmektedir. Mısır nişastası, maltodekstrinler, mısır yağı, mısır şurubu gibi ürünlerin hammaddesi olan mısırın son zamanlarda biyoyakıt üretiminde de kullanımı artmıştır. Mısırın yüksek nem içeriğine sahip olmasından dolayı hasat sonrasında korunması diğer tahıllara kıyasla daha zordur. Hasat sonrasında mısırdaki kurutma işleminde kurutma süresinin uzaması özellikle küflenme için uygun zemin oluşturmaktadır (Bilgin, 2019).

Pirinç, çeltik, buğdaygiller (*Graminea*) familyasında yer alan *Oryza sativa* L. kültür bitkilerin kavuzları soyulmamış taneleri olarak tanımlanmaktadır. Ham tane ve tebeşirleşmiş tane ise iyi olgunlaşmamış veya gelişimini tamamlamamış çeltiklerden elde edilen yeşil veya yeşilimsi renkteki taneleri ifade etmektedir (Özer, 2017).

Arpa *Hordeum* familyasına ait yıllık bitkidir. Taneleri ortalama olarak 8-12 mm uzunlukta, 3-4 mm genişlikte ve 2-3 mm kalınlığa sahiptir. Başak uzunluğu 8- 15 cm olmakla birlikte 2, 4 ile 6 sıralı yetişen çeşitlerinin olduğu bilinmektedir (Reis, 2016).

Çavdar, *Poaceae* familyasına ait bir bitkidir. Uzunluğu 10-35 mm, genişliği 2-5 mm olmakla birlikte iç kısmının rengi morumsu beyaz veya

pembemsi renkte, dış kısmının rengi siyahımsı mor renktedir. Tahıl tanelerinin ana bileşenlerinin gövde, perikarp, testa, aleuron, endosperm ve germ olduğu ve buğdayın aksine ekmekte ve diğer tahıl ürünlerinde çoğunlukla tam tane unu olarak tüketildiğinden özel bir tahıl olduğu bildirilmiştir. Çavdar Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde ekmek üretimi amacıyla kullanılır. Diğer ülkelerde daha çok ekmeklik buğdaya katkı maddesi, alkol ve viski üretimi için hammadde olarak veya hayvan yemi amacıyla işlenmektedir (Küçük, 2017).

Yulaf *Avenae* sınıfının *Gramineae* familyasına ait tahıl çeşididir. Yulafın kökeninin nereden geldiği tam olarak bilinmemekle birlikte, genetik çeşitliliğinin en çok görüldüğü yerler Akdeniz, Orta Doğu ve Himalaya Bölgeleri'dir. Yulaf, çavdar bitkisi gibi buğday ve arpaya göre daha yeni bir kültür bitkisidir. Dünya'daki kültür yulaflarının yaklaşık %65'ini *Avena sativa* türü oluşturur (Öner, 2018).

Türkiye'deki üretimi ise özellikle hayvanlar için önemlidir. Yulaf hayvan beslenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra, gıda, ilaç ve kozmetik sanayide hammadde olarak kullanılmaktadır. İçerdiği lif oranının yüksek olması sebebiyle gıda sanayisinde özellikle bebek maması, çorba, ekmek, bisküvi, salça ve sos vb. ürünlerin üretiminde de faydalanılmaktadır (Saka, 2019).

3. Tahıllarda Meydana Gelen Mikrobiyolojik Bozulmalar

Düzenli ve sağlıklı beslenme amacıyla tüketilen fırıncılık ürünleri; şekerli, şekerli ve dolgu gıdalardan oluşmaktadır. Ekmek, simit, çörek, pizza vb. gıdalar şekerli; pankek, donat, waffle vb. gıdalar şekerli ve meyveli turta, kremalı pasta vb. gıdalar da dolgu gıdalara örnek olarak verilebilir (Smith ve ark., 2004).

Fırıncılık ürünleri sahip oldukları bazı teknolojik özelliklerine göre (pH, nem a_w) sınıflandırılmaktadır. pH değeri 4.6'dan düşükse yüksek asitli gıdalar; 4.6-7.0 arasında ise düşük asitli gıdalar; 7'den büyük ise alkali gıdalar olarak adlandırılmaktadır. Tahıl ve ürünlerinin asitlik-bazlık değeri yaklaşık 4.2-8.7 arasında değiştiği bildirilmiştir (Smith ve ark., 2004).

Gıdalar su aktivitesi içeriklerine göre ise yüksek nemli (0,90-1,00), orta nemli (0,60-0,90) ve düşük nemli ($a_w < 0,60$) gıdalar olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bahsi geçen gıdaların a_w değerlerinin bilinmesi, bu gıdalarda üretim süreçlerinin daha etkili halde uygulanarak, ürün güvenliğinde sorun yaratabilecek etkenlerin ortadan kaldırılmasına katkı sağlamaktadır (Özay ve ark., 1993).

Tahıl ve ürünlerinin a_w değerleri farklılık göstermektedir. Bu değer 0,60'dan daha düşük olduğu belirlenirken, dolgu maddesi kullanılan gıdaların a_w değerinin 0.9-1.00 arasında değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Yüksek

nemli tahıl ürünleri (ekmek, meyveli turta, kremalı-pudingli unlu mamuller vb.) yüksek a_w değerine sahip olduğundan bakteriyel bulaşı problemi ile karşılaşmaktadır. Orta nemli tahıl ürünleri (sade kek, mısır, bulgur, un) ve düşük nemli tahıl ürünleri (pirinç, buğday, makarna, bisküvi) ise a_w bakımından bakteriyel gelişmeyi önleyici özelliktedirler. Ancak bu ürünlerde maya-küf kontaminasyon riski daha fazla olmaktadır. Orta nemli ürünlerde özellikle mikotoksinler sorun yaratmaktadır (Özay ve ark., 1993).

3.1. Unda Mikrobiyolojik Bozulmalar

Tahılların olgunlaşması ve hasat süresince iklim koşulları, toprak kökenli bulaşlar, böcek ve dışkı atıkları gibi nedenlerden dolayı bozulma gözlemlenebilir. Tahılların mikrobiyal bozulmasında küf oluşumu en sık görülen bozulmalardan biridir. Küf kontaminasyonu tarlada veya depolama alanında da görülebilir (Ntuli ve ark., 2013).

Buğday tanesinde bulunan mikroflorada bakteriler, mantarlar ve küflerle birlikte farklı çeşitlerde mikroorganizmalar bulunabilir. Buğday tanesinde bulunan mikrofloraya *Micrococcaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Lactobacillaceae* ve *Bacillaceae* familyalarına ait bakteriler, mayalar ve çoğunlukla *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Aspergillus*, *Eurotium*, *Penicillium* familyalarına ait küfler örnek olarak verilebilir. Bu familya içinde patojenik mikroorganizmalar (*Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *E. coli*, *Salmonella* ve *Staphylococcus aureus*) ile mikotoksin üreten küfler ve bozucu mikroorganizmalar da (*Bacillus spp.* ve laktik asit bakterileri) bulunur. Buğday tanelerinden un öğütülmesi sırasında buğdayda bulunan mikroorganizmalar una geçerek gelişmeye devam eder ve un içeren gıdaları tehlikeye atabilmektedir (Sabillion and Bianchini, 2015; Russo ve ark., 2017).

3.2. Hamurda Mikrobiyolojik Bozulmalar

Çoğu tahıl ürününün üretimi sırasında hamurun yoğrulması önemli bir işlem basamağını oluşturur. Hamurun mikrobiyolojik olarak kalitesi, üretimi sırasında kullanılan materyallerin mikrobiyal kalitesine ve hamur üretimi sırasındaki hijyen şartlarına bağlı olarak değişmektedir (Karapınar ve Gönül, 1998). *B. cereus*, *C. botulinum*, *C. perfringens*, *E. coli*, *Salmonella spp.*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* tahıl ürünlerini kontamine eden patojen bakteriler arasında gösterilmektedir. Hamurda tespit edilen koliform ve enterokok bakteriler ise fekal kontaminasyon ile üretim sırasında sanitasyona yeterince dikkat edilmediğinin bir göstergesidir. *Lactobacillus*, *Leuconostoc* ve *Streptococcus*, 4°C'de depolanan hamur ürünlerinde raf ömrünü kısaltan bakteriler olarak da gösterilebilir. Dondurulmuş hamur ürünlerinde bozulmanın ilk belirtileri gaz oluşumu, yapışkan yüzey oluşumu ve ekşimsi

bir tat olduğu bildirilmiştir. Patojen bakterilerin mayalı hamurlarda sorun yaratmadığı da belirtilmektedir (Hesseltine ve ark., 1969; Var ve ark., 2012).

3.3. Ekmekte Mikrobiyolojik Bozulmalar

Ekmeğin hammaddesi olan buğdayın öğütülmesiyle elde edilen un, değirmenden çıktığı anda 10^3 - 10^6 log kob/g konsantrasyonunda mikroorganizmayı yapısında bulundurabilir. Bu sırada unun olgunlaşması için kullanılan ağartıcılar unun mikroorganizma yükünü azaltmaktadır. Fakat ekmek üretiminde uygun olmayan sıcaklık ve rutubet, küflerin ve bakterilerin tekrar gelişmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır (Akçadağ, 2003).

Ekmek yüksek su aktivitesi (0,96-0,98) ve mikrobiyal açıdan uygun pH değerine (5,6-5,8) sahip bir tahıl ürünüdür. Bu mikrobiyal uygunluk ekmek israfının en büyük sebebi olarak görülmektedir. Her ne kadar pişme esnasında mikrobiyal yükün azaltıldığı düşünülse de özellikle havada bulunan küf sporları ve ekmeğin pişirildikten sonra paketlenme, nakliye gibi şartlar altında kontamine olması sonucu mikrobiyal bulaşı gerçekleşebilir. Örneğin; ekmek üretiminde kullanılan unun toz halinde havaya yayılması ile küf sporları un tozlarına tutunup hamur üzerine yapışabilir. Ekmek pişirildikten sonra ekmeğin iç kısmında bulunan bu sporlar uygun ortam koşullarında tekrar üreme gösterip ekmeğin bozulmasına yol açabilir. *Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Eurotium*, *Aspergillus* ve *Monilia* ekmeğin küflenmesine neden olan küflere örnek olarak verilebilir (Saranraj, 2016; Pateras, 2007; Yılmaz, 2017). Şekil 2’de ekmekte gelişen *Penicillium* küfü gösterilmiştir.



Şekil 2: Ekmekte *Penicillium* küf oluşumu

Mikotoksin, tarımsal ürünlere bulaşan *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria* ve *Claviceps* türlerinin ürettiği toksik metabolitlerdir. Dünyada üretilen tahılların yaklaşık %25'inin mikotoksinlerle kontamine olduğu bildirilmiştir. Mikotoksinler aynı zamanda baharat, kahve, kuruyemiş ve meyve gibi gıdalarda da yaygın olarak görülmektedir (Salodino ve ark., 2017).

Ekmeklerde meydana gelen diğer bir bozulma türü de bakteriyel bozulmadır. Yaz aylarında daha sık rastlanan, bazı sporlu bakterilerin neden olduğu sünme (rope) hastalığı en çok gözlenen bakteriyel bozulmadır. Bu bakteri sporları fırında ekmek iç sıcaklığının 100°C'yi geçmediği durumlarda canlılığını korumaktadır. Ekmeğin pişirilmesinden sonra iç sıcaklığının yaklaşık 40°C'ye soğutulmasıyla birlikte vejetatif hâle döner ve hızla çoğalmaya başlar. Sünmeye neden olan *Bacillus mesentericus* gibi birçok *Bacillus* türünün ısıya karşı yüksek direnç gösterdiği bilinmektedir. Bu türlere *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. pumilus* ve *B. cereus* örnek olarak verilebilir (Arslan ve ark., 2013). Şekil 3'de ekmekte sünme oluşumu görülmektedir.



Şekil 3: Ekmekte sünme (rope) oluşumu

Fırıncılık ürünlerinde kontaminasyona neden olan rop hastalığını önlemek amacıyla çeşitli önlemler alınabilmektedir. Rop hastalığına neden olan bakterilerin bulaşmasını ve gelişimini durdurmak veya azaltmak için hamura; asetik asit, kalsiyum asetat, kalsiyum askorbat gibi kimyasallar ilave edilmektedir. Bunun yanında biyolojik yöntem adı altında bazı propiyonik ve laktik asit kültürleri (*Lactobacillus plantarum*, *L.brevis*, *L.fermentii*) eklenerek ve ekşi hamur kullanılarak da bulaşı engellenmeye çalışılmaktadır (Rumeus ve Turtoi, 2013).

Ekmekte görülen bir diğer bakteriyel kökenli bozulma ise kırmızı leke hastalığıdır. Etkeni *Serratia marcescens* bakterisidir. Ekmekte kırmızı noktalar halinde bir görünüm oluşturur. Sıcaklığa dayanıklılığı azdır. Bu nedenle fırın sıcaklığında tamamen inhibe olmaktadır. Dolayısıyla bulaşı, pişirmeden sonra görülmektedir. Bakteri önce renksiz daha sonra kırmızımsı bir renge dönüşür. Bu renk değişikliğinden önce, bakteri enzimleri tarafından ekmeğin parçalanmasıyla ekmekten damlama meydana gelir. Bu sebepten dolayı bu hastalık kanayan ekmek hastalığı olarak da bilinmektedir. Hastalık ekmek üretim alanlarının hijyen kurullarına uyulmaması durumunda ortaya çıkmaktadır (Rumeus ve Turtoi, 2013). Şekil 4'de ekmekte kırmızı leke hastalığı görülmektedir.



Şekil 4: Ekmekte Kırmızı Leke Hastalığı

Ekmekte görülen diğer bir mikrobiyal problem ise tebeşir hastalığıdır. Bu bozulma ile enfeksiyon bölgesi beyaz tebeşirimsi bir görüntü alır. Tebeşir hastalığının etmeni *Endomy- cese fibuliger* ve *Trichosporo variable*'dir. Hijyen kurallarının uygulanması halinde mikrobiyal inhibisyon sağlanarak hastalığın önüne geçilebilir (Kalkışım ve ark., 2012). Şekil 5'de ekmekte tebeşir hastalığı görülmektedir.



Şekil 5: Ekmekte tebeşir hastalığı

3.4. Kek ve Yaş Pastalarda Mikrobiyolojik Bozulmalar

Kek, tüketiciler tarafından sevilerek tüketilen şekerli aroma ve tada sahip bir fırın ürünüdür. Buğday unu, yumurta, şeker, kabartma tozu ve su veya süt gibi bileşenler kullanılarak üretilir. Kekte genellikle yüksek hacim, düşük sertlik, tekdüze iç yapı, geç bayatlama ve uzun raf ömrü tercih edilmektedir (Karaoğlu ve Bedir, 2020). Raf ömrü süresi ve bayatlamaya karşı gösterilen tolerans endüstriyel keklerin kalitesini belirlemektedir. Keklerin, formülasyon, ambalaj, su aktivitesi ve depolama sıcaklığı gibi faktörlerin uygunluğu düşünüldüğünde genellikle 1-4 hafta taze kalmaları beklenmektedir. Keklerde bayatlama, oksidasyon ve küflenme unsurları depolama ömrünü kısaltan temel faktörlerdendir (Uçar ve Hayta, 2012). Şekil 6'da küflenmiş kek görülmektedir.



Şekil 6: Küflenmiş kek

Yaş pasta, farklı bileşim ve özelliklere sahip, farklı çeşitleri bulunabilen, özellikle de büyük şehirlerde pastanelerin çoğalmasıyla tüketimi hızla artan, özel gün ve gecelerde daha fazla ilgi gören bir gıda maddesidir. Yaş pasta üretiminde kullanılan hammaddeler, alet-ekipmanlar, üretimi gerçekleştiren personel, üretim koşulları, kullanılan ambalajlar ve satış noktalarının hijyenik koşulları pastanın mikrobiyal kalitesini belirleyen kriterlerdendir. Mikrobiyal bozulmalar genel olarak maya, küf ve bakterilerden kaynaklanmaktadır. Ürünün tipine, işleme metodu ve iklim şartlarına bağlı olarak gözlenen mikrobiyal kayıpların %1-5'inin küflere bağlı olduğu belirtilmiştir (Tirsi, 2016).

Pasta üretiminde kullanılan un, şeker, nişasta, süt, yumurta, kakao gibi ürünlerde mikroorganizma popülasyonu yüksektir. Süt özellikle karbonhidrat, protein, mineral ve vitamin yönünden zengin olduğundan, pek çok mikroorganizmanın gelişmesi için ideal bir ortam oluşturur (Öksüztepe ve ark., 2010). Şeker içeriği yüksek olan gıdalar da, bozulmaya neden olan mikroorganizmalar için uygun birer ortamdır. Bu gıdalar bakteri, maya-küflerin gelişmesi ile hızlı ve kolay bir şekilde bozulmaktadır. Pasta üretiminde şeker kullanıldığı için bu riski artmaktadır. Kremalı pasta üretiminde çiğ yumurta kullanılması ise *Salmonella* yönünden de tehlike göstermektedir (Yücel ve ark., 1992).

3.5. Makarna ve Benzeri Ürünlerde Mikrobiyolojik Bozulmalar

Makarna, tahıl ürünleri içerisinde eski çağlardan beri bilinen ve dünyanın farklı birçok bölgesinde severek tüketilen, günlük protein ve karbonhidrat gereksiniminin büyük bir kısmını karşılayabilen bir gıdadır. Bileşiminde irmik ve su bulunmaktadır. Makarna, mikrobiyal bulaşma ile üretimden sonra nemli ortamda depolama gerçekleşirse bakteriler ve küfler ile bozulma başlayacak ve bu durum makarnanın raf ömrü kısılmasına neden olacaktır (Demirkol ve İçöz, 2002).

Makama üretiminde pişirme işlemi olmadığı için karıştırma ve yoğurma sırasında mikroorganizmalar ile kontamine olma riski oldukça yüksektir. Yapılan çalışmalarda makarna, pizza hamuru ve mantı gibi ürünlerde *Salmonella* ve *S. aureus* bakterilerine rastlandığı belirtilmiştir (Karapınar ve ark., 1998). Şekil 7’de küflenmiş makarna görülmektedir.



Şekil 7: Küflenmiş makarna

Mantı, besleyici özelliği ve kendine has lezzetiyle geleneksel bir Türk gıdasıdır. Hamurunda buğday unu, içme suyu ve tuz bulunmaktadır. Mantının a_w değeri 0,95-0,94 arasında olduğundan, bakteri ve maya-küf gelişimi hızlı olmaktadır. Su aktivitesini düşürerek raf ömrünü uzatmak için, fırınlama veya dondurma işlemi uygulanmaktadır (Yücepe, 2011). Şekil 8’de küflenmiş mantı görülmektedir.



Şekil 8. Küflenmiş mantı

3.6. Kahvaltılık Gevreklerde Mikrobiyolojik Bozulmalar

Kahvaltılık gevrekler hızlı ve kolay hazırlanması ve iyi bir lif kaynağı olması açısından birçok tüketici tarafından tercih edilen bir gıdadır. Bunun

yanında vitamin ve mineral bakımından zenginleştirildiği için kahvaltılarda tüketilen sağlıklı bir gıda haline gelmiştir. Kahvaltılık gevrekler; granola ve tahıllarla beraber kurutulmuş meyvelerden oluşur ve pullu, şişirilmiş, küp şekline getirilmiş, parçalanmış formlarda bulunan şekilleri mevcuttur. Kahvaltılık gevrekler ekstrüzyon tekniği ile yüksek basınç ve sıcaklık altında pişirilir ve kaplanır. Mısır, pirinç, buğday, yulaf ve arpa kahvaltılık tahıl ürünlerinin üretiminde kullanılan en temel hammaddelerdir. Tüketime hazır kahvaltılık tahıllar genel olarak depolama süresi uzun, hafif ve uzun süreli depolanmaya uygun gıdalardır (Sargın, 2019).

Bu tip ürünlerde genellikle üretim sırasında kullanılan hammaddeden ya da üretimden kaynaklı bozulmalar ile birlikte *Aspergillus* gibi küf oluşumları gözlemlenebilir. Üretimin başlangıcında bu ürünlerde yüksek oranda nem bulunması bozulma olasılığını artırır. Üretim sırasında yüksek sıcaklık ve basınç olduğu için son üründe bulunan bakteri sayısının oldukça düşük olduğu belirtilmiştir. Şekil 9’de küflenmiş kahvaltılık gevrek görülmektedir.



Şekil 9: Küflenmiş kahvaltılık gevrek

4. Bozulmaya Neden Olan Maya- Küfler

4.1. *Penicillium* Küfü

Tahıl ürünlerinde hasat öncesi, hasat anı ve hasat sonrası depolama işlemlerinde küf gelişimini etkileyen kritik faktörler; ürünün olumsuz koşullarda kaldığı süre, nem içeriği ve ortam sıcaklığıdır. Bunların yanında gıdanın çeşidi, kimyasal bileşimi, yetiştirildiği iklim, ürünün olgunluk düzeyi, tarım ürünlerinin hasat şekli, uygulanan kültürel işlemler, depolama sırasındaki kontaminasyon gibi çeşitli faktörler de küflerin gelişmesine etki eder (Türkkan ve ark., 2015). Şekil 10’da petri kutusunda *Penicillium* küfünün makroskobik görüntüsü görülmektedir.



Şekil 10 *Penicillium* küfünün petri kutusunda makroskobik görüntüsü

Mavi-küf olarak da bilinen *Penicillium* türlerinin çoğu saprofittir. Türlerinin çoğu en iyi gelişmeyi, orta ve düşük sıcaklıklarda; su aktivitesi 0.9'un altında göstermektedir. Genellikle toprak kökenlidirler, bitki ve gıdaların raf ömürlerinin kışalmasına neden olmaktadır. *Penicillium* 'un yaklaşık 150 türü tanımlanmıştır. Bu nedenle bilinen en geniş küf cinsidir. Sınıflandırması öncelikle mikroskopik özelliklerine dayanmaktadır. *Penicillium* türü Pitt (2002) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre *Aspergilloides*, *Furcatum*, *Biverticillium* ve *Penicillium* olmak üzere dört alt türe ayrılmaktadır. Önemli toksijenik ve gıda bozulmalarına sebep olanlar ise *Penicillium* alt türünde bulunmaktadır (Dalkılıç, 2003).

Tablo 2: *Penicillium* cinslerinin genel biyoloji ve ekolojisi (Pitt, 2002)

Tür veya alt tür	Geliştikleri substratlar	Gelişmeleri için Gerekli minimum su aktivitesi (aw)	Gelişmeleri için Gerekli sıcaklık aralığı	Mikotoksin oluşumu
<i>Eupenicillium</i>	Toprak ve çok az sayıdaki gıdalarda	>0.85, bir kısmı kserofildir	Değişken, çoğu 37°C'de	Seyrek
<i>Talaromyces</i>	Toprak	Bilinmiyor, <0.85'in altında gelişemez	En az >5°C En çok > 37°C	Çok seyrek
<i>Aspergilloides</i> , Alt türü	Toprak, gıdalar	Bazı türler kserofilik	Belli türler psikrotrofik, nadiren >37°C'de gelişme gözlenir	Beklenmez
<i>Furcatum</i> Alt türü <i>Furcatum</i> bölümü	Toprak, bitki ve gıdaların çürümesi	Çoğu tür kserofilik	Genellikle psikrotrofik, nadiren >37°C'de gelişme gözlenir	Bazı türleri toksijenik
<i>Furcatum</i> Alt türü <i>Divaricatum</i> bölümü	Toprak	Bazı türler kserofilik	Genellikle psikrotrofik, nadiren >37°C'de gelişme gözlenir	Türlerin yarısı toksijenik
<i>Penicillium</i> Alt türü	Gıdalar	Çoğu tür kserofilik	Psikrotrofik, 37°C'de gelişme İstisnai olarak gözlenir	Çoğu tür bir veya daha fazla mikotoksin oluşturur
<i>Biverticillium</i> Alt türü	Toprak, bitki çürümesi ve çok az sayıdaki gıdalarda	<0.85'in altında gelişemez	En az >5°C En çok 37°C veya daha yüksek sıcaklıklarda	Beklenmez

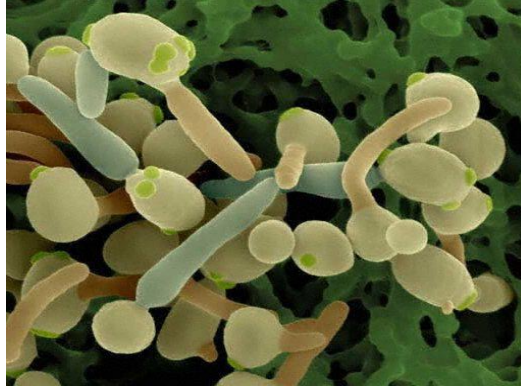
Penicillium küfü, bazı peynir türlerinin üretiminin yanı sıra antibiyotik üretiminde de kullanılmaktadır (Korur Kolanlarlı ve ark., 2019).

4.2. *Candida* Mayası

Günümüzde giderek artış gösteren mantar enfeksiyonları, özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde önemli mortalite ve morbidite nedenlerinden birisi olarak kabul edilir. Bu mikozların en önemli etkenlerinden biri *Candida* cinsi mayalardır. Mantar enfeksiyonlarının %90'ı *Candida* cinsi mayalar ile oluşmak ve en sık izole edilen beş türün *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. parapsilosis*, *C. tropicalis* ve *C. krusei* olduğu bildirilmektedir (Deak, 2008).

Candida mayaları 2-8 x 3-15 µm büyüklüğünde, oval veya küre şeklinde, ince hücre duvarına sahip, tomurcuklanarak veya bölünerek çoğalan

mayalardır. Üremeleri 20-40°C’de; pH 2-8’de; karbon, azot, fosfat kaynakları ve biyotinin varlığında gerçekleşmektedir (Deak, 2008). Şekil 11’de *Candida* mayasının mikroskopik görüntüsü görülmektedir.



Şekil 11. *Candida* mayasının mikroskopik görüntüsü

Candida mayası, fluconazole ve koruyuculara karşı dayanıklı ve aside toleranslıdır. Düşük pH değerine sahip gıdaların fermentasyon yoluyla raf ömürlerinin kısılmasına ve yüzeyde biyofilm oluşumuna sebep olmaktadır. Bağışıklık sistemi zayıflamış bireylerde hastalığa sebep olmaktadır. Bazı deniz canlılarından izole edilebilmektedir. Hayvansal ürünlerde, özellikle soğuk depolanmış tavuk etinde tespit edilmektedir. Ayrıca krem peynirde de rastlanmaktadır. (Deak, 2008; Fleurat-Lessard, 2017). Çizelge 3’de bazı gıdalarda bulunan maya türleri gösterilmektedir.

Çizelge 3: Bazı gıdalarda bulunan maya türleri (Deak ve Beuchat, 1996; Deak, 2008).

<i>C. krusei</i>	Şarap, ekmek hamuru
<i>C. lusitaniae</i>	Yöresel fermente süt ürünleri
<i>C. parapsilosis</i>	Meyveler, sebzeler, pastane ürünleri: ekmek süt ürünleri, et, tavuk ve deniz ürünleri
<i>C. zeylanoides</i>	Meyveler, içecekler, pastane ürünleri, buğday ve yulaf unu, süt ürünleri, et, tavuk ve deniz ürünleri

5. Sonuç

Tahıllar ilk çağlardan beri tüketilen temel gıda maddelerinden biri olduğu için insan ve hayvan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Tahıllarda meydana gelen mikrobiyolojik bozulmalar tüketiciyi olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle tahıl ve tahıl ürünlerinin hasattan itibaren raf ömrünün uzatılması ve sağlıklı bir şekilde tüketiciye ulaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır.

Hububatlar genellikle düşük su aktivitesi değerine sahip olduğu için, diğer gıdalara göre mikrobiyal olarak daha düşük risk oluşturlar. Ancak depolama alanının sıcaklığı, nemi, ortamda bulunan gaz konsantrasyonunda meydana gelen her hangi bir değişiklik başta küfler olmak üzere birçok maya ve bakteri hücresinin gelişmesi ile sonuçlanmaktadır. Tahılların mikrobiyal kalitesinin yüksek olması için kontaminasyon riski en aza indirgenerek depolama koşullarına dikkat edilmelidir.

6. Kaynaklar

- Akçadağ, S. (2003). Ekmekte görülen mikrobiyal enfeksiyonlar ve önleyici tedbirler. Akademik Gıda, 1(5), 23-26.
- Arslan, S., Erginkaya, Z., Özaslan, M., Kılıç, G.H., & Ünal, E. (2013). *Lactobacillus rhamnosus*'un sünme (rope) hastalığı etkeni olan *Bacillus* cinsi bakteriler üzerine inhibitör etkisinin unlarda araştırılması. Türk Mikrobiyol Cem Derg, 43(4), 155-64.
- Bianchini, A. & Stratton, J. E. (2019). Spoilage of Plant Products: Cereals and Cereal Flours. Reference Module in Food Science
- Bilgin, D.G. (2019). Mısır tanelerinin depolanma stabilitesi üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının etkisi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Bolat, D. (2016). Gıdalarda Bozulma Tipleri ve Nedenleri. <https://silo.tips/download/gidalarda-bozulma-tpler-ve-nedenler> Erişim Tarihi: 07.01.2021
- Dal, B. (2012). Tam tahıl ürünleri ve bulgurun Türkiye’de yeri, önemi, etkileri. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Dalkılıç, G., (2003). Zeytinde mikrodalga ile *Penicillium citrinum* inhibisyonuna etki eden faktörler, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Deak, T., & Beuchat L. R. (1996). Handbook of food spoilage yeasts, CRS Press, New York, pp. 111-154.
- Deák, D. (2008). Handbook Of food spoilage yeasts, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton - New York, pp:221-245.
- Demirkol, O. & İçöz, A. (2002). Makarnanın besin değeri ve mikrobiyal kalitesi. Sakarya University Journal of Science, 6 (1), 115-118
- Dizlek, H. (2012). Tahılların depolanmasında etkili olan başlıca etmenler. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(2), 48-59.

- Elgün, A. & Ertugay, Z. (2002). Tahıl işleme teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları: 718, Ders Kitapları Serisi: 52, Dördüncü Baskı, Erzurum.
- Fleurat-Lessard, F. (2017). Integrated management of the risks of stored grain spoilage by seedborne fungi and contamination by storage mould mycotoxins—An update. *Journal of Stored Products Research*, 71, 22-40.
- Gül, H., & Özçelik, S. (2000). Hububatlarda mikrobiyal bulaşma ve bozulmalar. *Gıda*, 26(1).
- Hesseltine C. W., Graves R. R., Rogers R. Burmeister H. R. (1969). Aerobic and facultative microflora of fresh and productsspoiled refrigerated dough. *Appl. Microbiol.* 18(5):848.
- Kalkışım, Ö., Özdemir, M., Bayram, O. (2012). Ekmek yapım teknolojisi. http://kutuphane.gumushane.edu.tr/media/uploads/kutuphane/files/ekmek_yapim_book.pdf Erişim Tarihi: 14.01.2021.
- Karaoğlu, M.M. & Bedir, Y., (2020). Kısmi pişirme yönteminin kek kalitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, Cilt 18, Sayı 3, 256 – 263
- Karapınar M., Aktuğ Gönül Ş. (1998). Hububat ve hububat ürünlerinde mikrobiyolojik bozulmalar, patojen mikroorganizmalar ve muhafaza yöntemleri. *Gıda Mikrobiyolojisi*. Mengi Tan Yayınevi. Sayfa 371-386
- Korur Kolanlarlı, T., Asan, A., Şen, B. & Ökten, S. (2019). Biodiversity of *Penicillium* species isolated from Edirne Söğütük Forest soil (Turkey) . *Mantar Dergisi*, 10 (1) , 26-39
- Küçük, B. (2017). Farklı çavdar çeşitlerinin tane, un ve ekmek özelliklerinin araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Ntuli, V., Mekbib, S.B., Asita, A.O., Molebatsi, N., Makotoko, M. & Chatanga, P. (2013). Microbial and physicochemical characterization of maize and wheat flour from a milling company, Lesotho. *Internet Journal of Food Safety*, Vol 15, p11-19
- Öksüztepe, G., Patir, B., Çalıcıoğlu, M., İlhak, O.İ. ve Dikici, A. (2010). Elazığ'da satılan kremalı pastalarda *E.coli* 0157:H7'nin varlığı. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16 (2):307-311.
- Öner, G. (2018). Yulaf ıslah örneklerinin yağ asidi kompozisyonu, lipaz aktivitesi ve termal özelliklerinin belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Özay, G., Pala, M., Saygı, B. (1993). Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi. Gıda dergisi, 6: 377-383.
- Özer, M. (2017). Stabilize ham pirinç tanesi ununun glutensiz ekmek üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması. Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Pateras, I.M. (2007). Bread spoilage and staling. Technology of breadmaking (s. 275-298). Springer, Boston, MA.
- Pitt, J.I., (2002). Biology and ecology of toxigenic *Penicillium* species, in Mycotoxins and Food Safety, pp:29-41, eds. De Vries, K.W., Truckess, M.W and Jackson, L.S., Kluwer, Washington
- Reis, S.G. (2016). Farklı tahıllardan elde edilen malt unlarının ekmek kalitesi üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Rumeus I., Turtoi M. (2013). Influence of sourdough use on rope spoilage of wheat bread. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. Vol 19, 94-98.
- Russo, P., Arena, M. P., Fiocco, D., Capozzi, V., Drider, D., & Spano, G. (2017). *Lactobacillus plantarum* with broad antifungal activity: A promising approach to increase safety and shelf-life of cereal-based products. International journal of food microbiology, 247, 48-54.
- Sabillón, L., & Bianchini, A. (2015). From field to table: a review on the microbiological quality and safety of wheat-based products. Cereal Chemistry, 93(2), 105-115.
- Saka, M. (2019). Yulaf kepeği katkılı ekmeklerin fonksiyonel ve kalite özelliklerine ekmek yapım yöntemlerinin etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Saladino, F., Quiles, J. M., Mañes, J., Fernández-Franzón, M., Luciano, F. B., & Meca, G. (2017). Dietary exposure to mycotoxins through the consumption of commercial bread loaf in Valencia, Spain. LWT, 75, 697-701.
- Saranraj, P. & Sivasakthivelan, P. (2016). Microorganisms involved in spoilage of bread and its control measures. Taylor and Francis Group, LLC
- Sargın, H.S. (2019). Ülkemizde tüketilen kahvaltılık gevrek ürünlerinin glisemik indeks ve protein sindirilebilirliklerinin in vitro gastrointestinal sistem ile incelenmesi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

- Smith, J.P., Dafias, D.P., El_khoury, W., Koukoutsis, J., El_khoury, A. (2004). Shelf life and safety concerns of bakery products. Food Science Nutrition, 44: 19-55.
- Tirsi, S., (2016). İstanbul'da tüketime sunulan yaş pastaların bazı patojen bakteriler yönünden incelenmesi ve mevsimlere göre karşılaştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü, (2019). 2019 yılı hububat sektör raporu, Ankara
- Tüik Bitkisel Üretim İstatistikleri (2020). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2020-33737> Erişim Tarihi:09.01.2021
- Tüik 2020 Yılı Hububat Sektör Raporu (2020). <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2019.pdf> Erişim Tarihi: 09.01.2021.
- Türkkan, M. ve Erper, İ. (2015). Inhibitory influence of organic and inorganic sodium salts and synthetic fungicides against bean root rot pathogens. Gesunde Pflanzen, 67(2), 83-94.
- Uçar, B., Hayta, M., (2012). Kek kalitesinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi. Gıda, 37(6)
- Var, I., Zorlugenç, B., Kabak, B., Uzunlu, S. (2012). Un, ekmek ve bazı yaş pastalarda rop hastalığına neden olan *Bacillus* sporlarının incelenmesi. Dünya Gıda, 2, 74-78.
- Yeşilyurt, B. (2020). Farklı buğday çeşitleri ile üretilen sütlaçların bazı fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bolu.
- Yılmaz, M. (2017). Buğday/çavdar/bamya kompozit ununun ekmeğin bazı kalite özelliklerine etkisi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik.
- Yücel, A., İşgöz, B.B., Göçmen, D. ve Tiryakioğlu, Ö. (1992). Bursa'da tüketime sunulan kremalı pastaların mikrobiyolojik nitelikleri üzerine bir araştırma. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9:91-98
- Yücepe, A., (2011). Modifiye atmosferde ambalajlamanın etli mantının kalitesi üzerine etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 20



**The Contrast on the Prediction of Monthly Mean Daily
and Hourly Global Solar Radiation Using an Artificial
Neural Network for İstanbul Province, Turkey
(Onur Miran Öztekin, Naime Filiz Özdil)**

The Contrast on the Prediction of Monthly Mean Daily and Hourly Global Solar Radiation Using an Artificial Neural Network for İstanbul Province, Turkey

Onur Miran Öztekin¹, Naime Filiz Özdiğil²

²*Department of Mechanical Engineering, Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Adana, Turkey*

Abstract

Global solar radiation (GSR) is an important variable for designing, systems fed with solar energy. Estimation of GSR cannot be often taken since the measurement devices are costly, need an expert to use and their maintenance should be performed properly. Thus, solar radiation prediction is a crucial tool to complete the missing information in databases and for the fields where the measurements could not be taken. This study aims to demonstrate which type of data provides the best prediction results for the GSR estimation for the city of İstanbul, located on the northwest of Turkey, has been chosen and to develop an artificial neural network (ANN) model. For this purpose, long-term monthly mean daily data including relative humidity, cloud cover, sunshine duration, wind speed, pressure, and sunshine intensity as inputs and global solar radiation as the target have been taken from Turkish Meteorology Stations. Besides, short term hourly data of relative humidity and sunshine intensity have been utilized to make a comparison. Neuron numbers existed in hidden layers have been optimized by trial to increase the prediction performance. According to the statistical test results, the linear correlation between the target and predicted values is found as 0.99385 and 1 for monthly mean daily and hourly data, respectively so it is proved that hourly data while forecasting global solar radiation yields much accurate outcomes. Furthermore, the results of the ANN show that the mean square error is found out low which means the developed ANN model has high accuracy.

Keywords: Global solar radiation, Artificial neural network, Lavenberg-Marquardt algorithm, Renewable energy, Prediction

1. Introduction

Associated with the increasing population, the development of technology, and the decrease in energy of fossil fuel reserves increased the need for regenerative energy sources. Heliocal energy, a type of restorable energy, has attracted more attention from researchers and industries lately as it is an endless, pure, and cheaper choice compared to fossil fuels.

Summation of solar energy obtained by the Earth's surface is defined as the solar radiation and for the design purposes or continuity of solar-powered systems, having accurate information about the solar radiation for engineers and architects is important. Measurements of the solar radiance are carried out by Pyranometers. Nevertheless, the high cost of these devices, the requirement of calibration and maintenance, and the necessity of a specialist for use have led to alternative methods for collecting solar radiation data. There are many techniques and methods enhanced to estimate the GSR turning to account the other meteorological parameters which are readily available.

Premalatha et al. [1] performed a study on the estimation of monthly average global solar radiation by using eight empirical models that are sunshine-based. In the present study, the accurateness of 8 samples with different functions has been analyzed for the 14-years data collected from the World Radiation Data Centre, Russia. It is seen that the application of machine learning models supplies better trustworthiness in estimation. Öztürk et. al. [2] investigated the daily global solar irradiation by comparing some methods and models existing in the literature, namely, Linear Model (Angström-Prescott (AP)), Square Root, Cube Root, statistical test results, and other models for Isparta, Turkey. It was shown that model 18c gave the best results. Chang et al. [3] took the advantage of machine learning algorithms to make an accurate estimation of hourly global solar radiation for Beijing in 2017. The models named Nimiya and Zhang were examined and altered. Also, a new hourly model was built up for all conditions of the sky. The data collected at one-hour intervals were taken from National Climate Data Center, located in Asheville, North Carolina. The Nimiya model operating with a temperature difference of 3 hours gave the best results at the end. Blal et al. [4] utilized 6 models to estimate daily GSR for the Adrar environment in a case of different meteorological conditions. Their study included 4 years of data, between the years 2009 and 2012. The best performance was acquired by the model M4. Kaplan et al. [5] implemented three different empirical models derived by moving least squares method to detect GSR collected monthly from Antalya province, which is in the Mediterranean region of Turkey. By using six particular demonstrations, the validity of the improved models was evaluated where the Togrul model performed best. In [6], hourly GSR values were predicted from daily GSR data by utilizing 11 distinctive models for Eskişehir, Turkey. Meanwhile, the forecasted values were checked against the measured ones. The outcomes stated that no unique model is proper for all situations but the accuracy of the CPRG model was higher in more cases. Feng et al. [7] performed a study to estimate the GSR in Spain evaluating a model that is newly enhanced. The data was taken from 7 stations located in China and comprised the years between 1961 and 2016. Then, the results were confronted with the five

different types of machine learning algorithms and the model was concluded to be effective. The GSR estimation was done using only sunshine hours as data by Almorox et al. for sixteen stations in Spain [8]. With this aim, many equations of modified functions (3rd degree, exponential, logarithmic, and quadratic) and AP linear model were engaged. Two results were achieved from this study. One of them is the third-degree models had a better performance as compared to others but linear models were mostly chosen since they are simpler and application areas are wider. The other result is that estimation results were not considerably affected by the seasonal disturbances. Deniz et al. [9] indicated which method between the ANN and regression analysis was more efficient in the prediction of the GSR for Zonguldak, Turkey. Therefore, monthly average data including the years from 1995 to 2004 were taken from Turkish State Meteorology Services (TSMS). Using the linear and multiple linear regression (MLR) analysis, it was determined that the model with seven variables had the highest correlation between the models obtained by 127 different combinations. Arslan et al. [10] performed work on daily GSR prediction utilizing ANNs and compared the results with the models in the literature for Mersin, Turkey. Daily average data such as relative humidity, temperature, and speed of the wind calculated by a pyranometer was attained from TSMS. In contrast, Model 37 (Zhang and Huang) demonstrated the best estimation performance (R^2) 0.83 among the examined models. Antonopoulos et al. [11] put MLR, ANNs, and Hargraves methods into account to forecast solar radiation with the obtained daily data from Aristotle University Farm and Amintaino in Septentrional Greece. The inferences of their study expressed that all these models gave results in the same range along with many other models. Forty-three experimental specimens depending on meteorological situations were taken and six hundred forty-five integrated models have been developed, including atmospheric components in [12]. The investigated models were commented and contrasted in China. It was suggested that atmospherically outputs with mean dissolution imaging spectro-radiometer could increase the performance of models. Chineke et al. [13] implemented the Universal Formula to speculate the GSR in the Niger Delta area. The data consisted of 32 years. It was shown looking at the test results of GSR range between 1.99 kWh to 6.75 kWh that; this formula could be used to doppler signatures of the GSR. Demircan et al. [14] mentioned that the AP is usually operated on the prediction of GSR. However, they took a step to upgrade the semi-annual and annual models by employing an algorithm named artificial bee for Muğla, Turkey. They reached out the conclusion that cosine logarithmic models were outstanding. It is emphasized in [15] that many regression models could be evaluated in AP so they estimated once a month median day-to-day GSR taking the advantage of the AP method for the Lake Van area in Turkey. The parameters related to meteorology were obtained from

seven different terminals and the enhanced regression models gave very good results. Gürel et al. [16] utilized 4 different types of estimation models to forecast GSR which includes feed-forward artificial neural network model, Angström model, Holt-Winters time series model, and mathematical model for Karaman, Ankara, Kilis, and Şırnak provinces of Turkey. Turkish State Meteorological Services provided the required data covering the years between 2008 and 2018. The ANN came up with the highest performance and best results. A fresh model comprised of ANN and autoregressive model was suggested by Gairaa et al. [17] to estimate daily GSR. The data recorded in the years 2012 and 2013 were used to develop and test the new model for 2 climate zones in Algeria. The results showed that the new model is superior. In [18], the mean monthly GSR of 12 areas in India were estimated employing generalized models in which fourteen years of data were put into the account and taken from World Radiation Data Centre, Russia. In the meanwhile, satellite data were obtained from National Renewable Energy Laboratory and operated in the study. It was concluded that the data surface measured was overestimated by the satellite data. Asilevi et al. [19] put through a study using the Angstrom Prescott method to obtain monthly equated GSR. In their study, duration of sunshine information was taken from 22 stations all around Ghana and solar radiations were calculated. It was found out that the study area had great potential in the end. A new method named Theory of Experimentation is created by Makade et al. [20] to extrapolate monthly average GSR. Their study included 15 years of meteorological data and six inputs which were longitude, altitude, latitude, temperature, sunshine duration, and humidity. Estimation was made using these inputs, errors were calculated and the outputs were collated with the ones existing in the literature. M-06 type was found as the one which gave better results. Yao et al. [21] practiced a support vector machine (SVM) approach including the influence of haze and fog. They used 2 different models which are SVM-1 and SVM-2 and additional input, air quality index, was added to increase the performance of the models and the performance graphs were created. Results showed that the SVM-2 had a better estimation. Zang et al. [22] estimated daily global solar radiation by constituting EC (Embedding Clustering) and DBN (Deep Brief Network). For validation, data was taken from 30 stations. The model had the advantages of having a powerful rendition that was nonlinear and could be implemented directly easily. It was seen that usage of empirical information raised the accuracy of the prediction of the GSR.

This study demonstrates a comparison on what type of data usage, hourly (a few years – longer hours) or long term monthly mean daily (many years – shorter hours), gives the most accurate results on the GSR estimation since it was seen that there was a missing field on the contrast of data utilization

when the literature was reviewed in detail. Likewise, it is mentioned that the developed model is of high accuracy.

2. Materials and Methods

Models and methods of the ANNs are mostly utilized in the literature for precise predictions since they are very practical, cost-efficient, and have high accuracy. Since it is not possible to take measurements in all situations because of bad surface conditions and the very high cost of indicating devices, the ANNs are good alternatives. There are 3 main layers in an ANN which are the input layer that has possession of the weighted data, an output layer responsible for the creation of estimations after calculations, and a hidden layer that connects the inputs to outputs. In this study, relative humidity, cloud cover, sunshine duration, wind speed, pressure, and sunshine intensity have been chosen as the inputs and GSR has been assigned as the output for İstanbul province.

The long term monthly means meteorological data was provided from the Turkish State Meteorological Service and included the years between 1999 and 2018. 70% of the data is used for train and the remaining of the data is used for testing and validation.

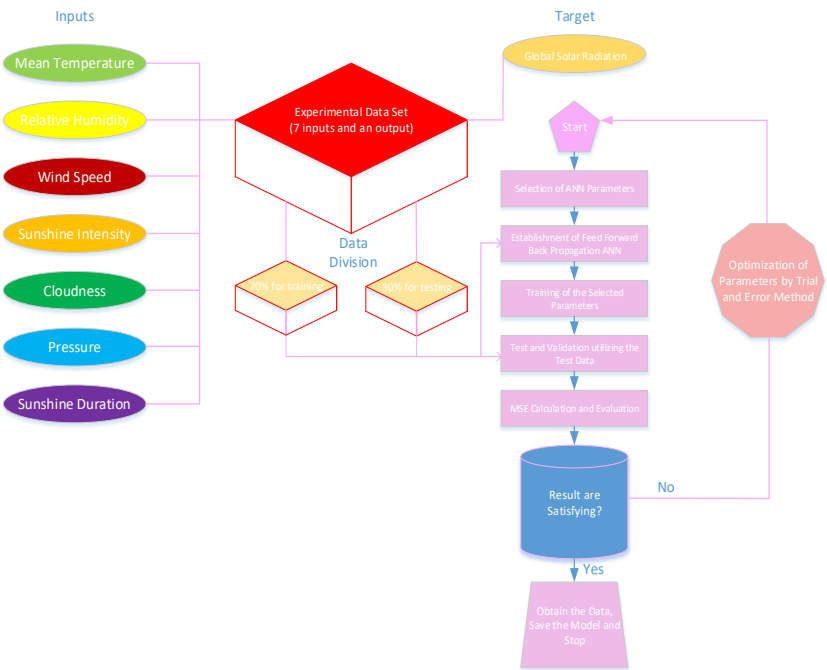


Figure 1. Schematic diagram of the working route

2.1. Meteorological Data

İstanbul is the biggest city of Turkey located in the Marmara region and bordered by Kocaeli from the east, Tekirdağ from the west, the Black Sea from the north, and the Marmara Sea from the south. Coordinates from the Northern Hemisphere are 41.0082 north latitude and 28.9784 east latitude. The location of İstanbul province is shown in Figure 2.



Figure 2. Bird's-eye view of İstanbul on the map

2.2. Artificial Neural Network

ANNs are algorithms that are used for non-parametric modeling, which are developed by the inspiration of the nerve cell structure of the human brain. They have a wide application area as seen from [23]. An ANN consists of artificial neurons called process elements [24]. ANN as shown in Figure 3; consists of five basic elements: inputs, weights, addition function, activation function, and outputs. [25]

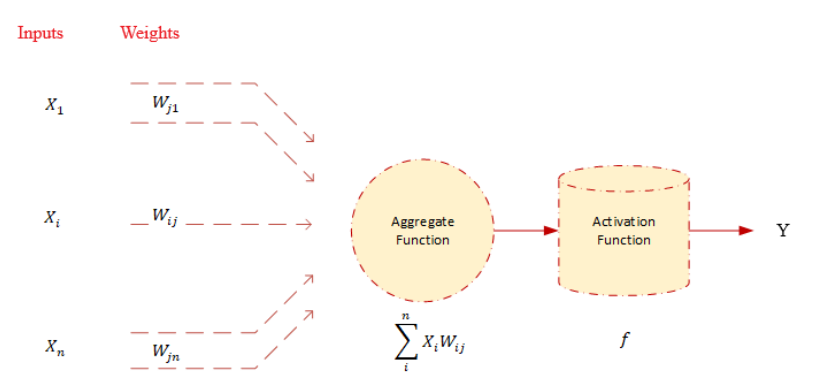


Figure 3. ANN Elements

A neuron j has an easy duty and is made up of receiver entry signals X_i measured from adjacent neurons with link weights W_{ij} . The sum of neuron net_j is supplied by a total of weighted signals. Moreover, the operation starting point of neuron j associated with a minus or plus value of it is joined together to the net intake. In the aftermath of it, implementing an analytical

equation, the value of the output is computed and transferred to other neurons [26]. Formulations are shown below:

$$\text{net}_j = \sum_i^n X_i W_{ij}$$

$$Y_j = f(\text{net}_j)$$

2.3. Lavenberg-Marquardt Algorithm (LM)

The algorithm of LM was built to find solutions for nonlinear least-squares problems in 1960. These problems originate within the context of placing a parameterized function on data estimation spots reducing the sum of square errors in between the datum and function. The levenberg-Marquardt algorithm is composed of two minimization methods, namely, Gauss-Newton (GN) and gradient descent (GD) method. Minimization of the total of error squares is done bringing parameters up to date in the steepest-descent direction in GD whereas it is decreased when the method of least squares is second order. The behavior of the LM relies on the difference between parameters and optimum values of them. It acts much as a GD method if the parameters are distant from the optimum values, and behaves like the GN method if the values close to each other. The parameter revamps are varied between these 2 method updates [27].

2.4. Mostly Used Equations in the Literature

Specificity Coefficient (R^2):

The stability coefficient can be put to use to establish a connection in the middle of computed and estimated amounts. (Ulgen ve Hepbasli, 2002)

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i - c_a) \cdot (m_i - m_a)}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (c_i - c_a)^2) \cdot (\sum_{i=1}^n (m_i - m_a)^2)}} \quad (1)$$

where 'ca' is the mean of forecasted and 'ma' is the mean of the evaluated equivalents.

Average Absolute Error Percentage (MAPE)

The average percent error is the exact balance amount of the percent diversion among the predicted and estimated SR.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{m_i - c_i}{m_i} \right| \cdot 100}{n} \quad (2)$$

Relative Squared Error (SSRE)

It can be found out as:

$$SSRE = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i - c_i}{m_i} \right)^2 \tag{3}$$

The ideal SSRE value is equal to zero.

Mean Squared Error (MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - c_i)^2}{n} \tag{4}$$

3. Result and Discussion

This paper aims to make a comparison after calculating hourly and monthly global solar radiation data utilizing seven inputs that have the most effect on it. The ANN parameters developed in Matlab are shown in Table 1.

Table 1. ANN design parameters for GSR on the calculation of hourly and monthly mean data

Parameter	Specification
Type of the Neural Network	Feed-forward backpropagation
Input Numbers	7
Output Numbers	1
Data Division	70% - Training 30% - Validation/Testing
Hidden Layer Number	2
Number of Hidden Neurons	10 [optimized with trial and error method]
Training Function	Trainlm (Levenberg-Marquardt Algorithm)
Transfer Function	Sigmoid function
Performance Function	MSE
Maximum Epoch	1000
Normalized Range	[-1,1]

A total of 4725 hourly data input data was organized for comparison and long-term monthly mean data of relative humidity, cloud cover, sunshine duration, wind speed, pressure, and sunshine intensity was concluded. The feed-forward backpropagation model has been chosen with random weight and bias values. Hidden layer numbers and the neurons in hidden layers were selected as 2 and 10 respectively. Mean squared error was preferred as the statistical error method. Calculated MSE values are shown in the following figures.

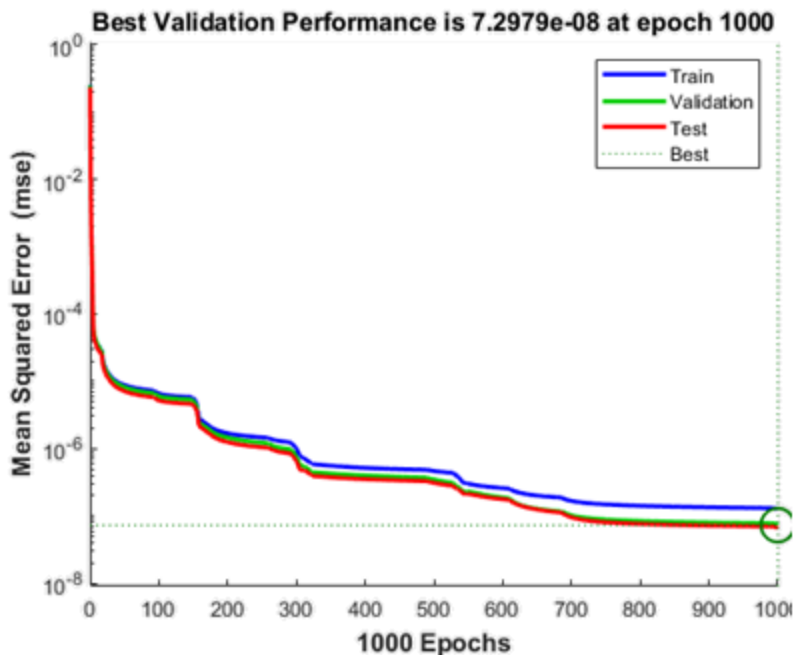


Figure 4. MSE value of monthly mean data.

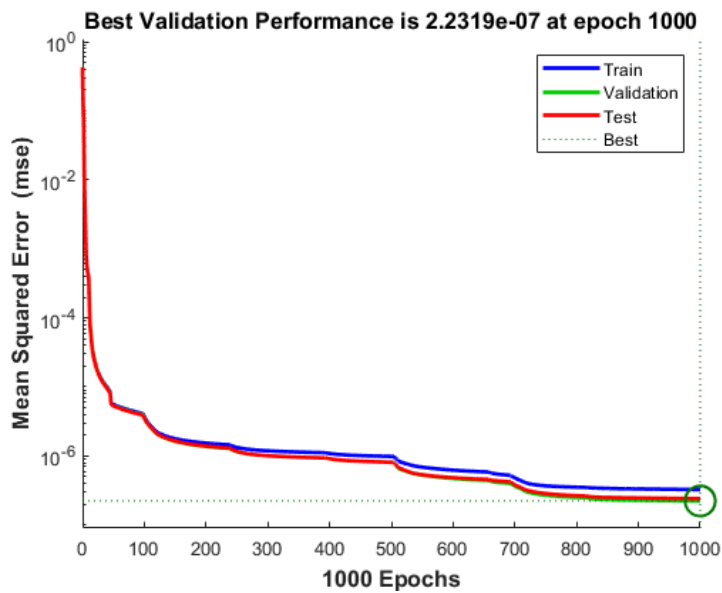


Figure 5. MSE values of hourly data.

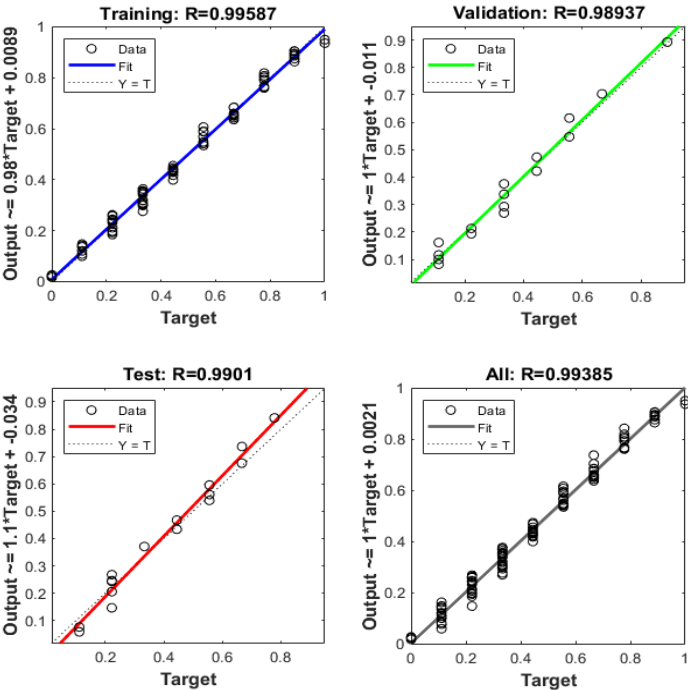


Figure 6. Train, test, and validation curves of monthly mean data

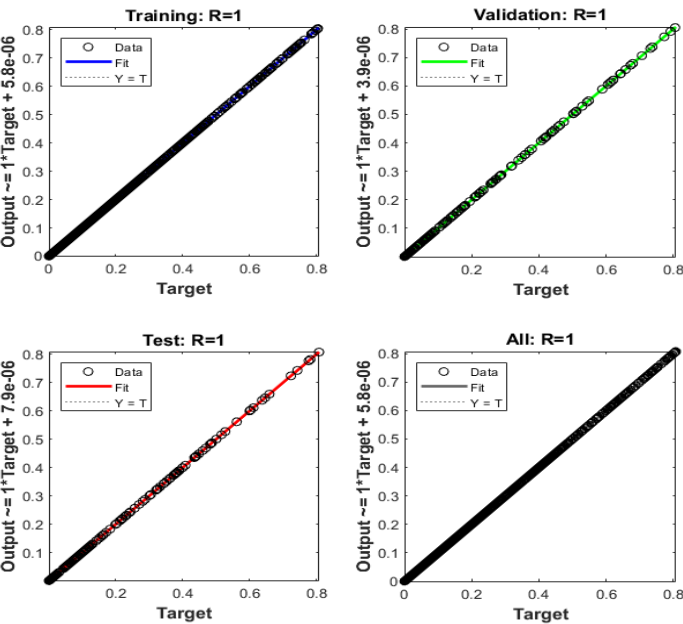


Figure 7. Train, test, and validate curves of hourly data

Estimation and objective values for the train and test data are indicated by figures 6 and 7 referring to GSR. The rectilinear constancy through the goal and forecast consequences is calculated as 0.99385 and 1 for the data utilized for testing that means the accuracy of prediction is very high since the optimal value should be as much close as 1. Initially, the input data and the output data should be analyzed. Later, learning sensitivity should be checked. If the activation function saturates quickly, then parameters should be adjusted accordingly to avoid this problem.

4. Conclusions

Some data including pressure, sunshine duration, wind speed, relative humidity, cloud cover are readily available in meteorology stations for the long term and short term since they don't need high-priced device measurements. Furthermore, to carry out the measurements, no specialist is needed to acquire these data. However, GSR evaluation, which is a substantial parameter used by engineers and architects for the design, installation, and operation of solar energy-based systems, is not easy for meteorology stations when the indicating device's high price, need for a specialist, and maintenance difficulties are considered. Most of the studies in the literature indicate that the global solar radiation estimation could be done using artificial neural networks to get rid of these difficulties and in recent years, many different models and algorithms have been developed for this aim.

An ANN model, which is known to be efficient on precise estimations, is developed to make a comparison on which type of data would forecast GSR better for İstanbul province in the study. With this aim, various meteorological parameters have been utilized as inputs in the artificial neural network model. With the help of the trial and error method, the number of neurons was decided to get a better estimation. Some statistical analysis methods, named MSE and R, are taken into account to show the effects of neuron numbers. Due to the statistical test results, the linear correlation between the target and predicted is found as 0.99385 and 1 for monthly mean and hourly data respectively that demonstrates the forecast is more accurate when data in 1-hour intervals is used. Results of the validation also infer that the developed artificial neural network model can be preferred as an alternative as compared to the existing estimation models in the literature with its high accuracy.

Disclosure Statement

All authors confirm that there isn't any relevant financial or non-financial competing interests.

5. References

- [1] Premalatha, Neelamegam, Valan Arasu, Amirtham. Prediction of solar radiation for solar systems by using ANN models with different backpropagation algorithms, *Journal of Applied Research and Technology*, Volume 14, Issue 3, June 2016, Pages 206-214.
- [2] Murat Öztürk, Nuri Özek, Berna Berkama. Comparison of some existing for estimating monthly average daily global solar radiation for Isparta, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 18, Sayı 1, 2012, Sayfa 13-27.
- [3] Kai Chang, Qingyuan Zhang. Development of a solar radiation model considering the hourly sunshine duration for all-sky conditions – A case study for Beijing, China, *Atmospheric Environment*, Volume 234, 1 August 2020, 117617.
- [4] Mohamed Blal, Seyfallah Khelifi, Rachid Dabou, Nordine Sahouane, Abdeldjalil Slimani, Abdelkrim Rouabhia, Abderrezzaq Ziane, Ammar Neçaibia, Ahmed Bouraiou, Boudjema Tidjara. A prediction model for estimating global solar radiation and evaluation meteorological effect on solar radiation potential under several weather conditions at the surface of Adrar environment, *Measurement*, Volume 152, February 2020, 107348.
- [5] Ayse Gul Kaplan, Yusuf Alper Kaplan. Developing of the new models in solar radiation estimation with curve fitting based on moving least-squares approximation, *Renewable Energy*, Volume 146, February 2020, Pages 2462-2471.
- [6] Özge Ayvazoğluyüksel, Ümmühan Başaran Filik. Estimation methods of global solar radiation, cell temperature, and solar power forecasting: A review and case study in Eskişehir, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 91, August 2018, Pages 639-653.
- [7] Yu Feng, Weiping Hao, Hao Li, Ningbo Cui, Daozhi Gong, Lili Gao. Machine learning models to quantify and map daily global solar radiation and photovoltaic power, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 118, February 2020, 109393.
- [8] J.Almorox, C.Hontoria. Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain. *Energy Conversion and Management*, Volume 45, Issues 9–10, June 2004, Pages 1529-1535.
- [9] Emrah Deniz, Kemal Atik. Investigation of using regression analysis and artificial neural network methods in the estimate of solar radiation, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 27, 2, 15-20, 2007.

- [10] Gökhan ARSLAN, Burhan BAYHAN, Kaan YAMAN, Estimation of Measured Global Solar Radiation by Artificial Neural Networks for Mersin / Turkey and Comparison with Common Solar Radiation Models, Volume 7, Issue 1, the Year 2019, Pages 80 – 96.
- [11] Vassilis Z. Antonopoulos, Dimitris M. Papamichail, Vassilis G. Aschonitis, Athanasios V. Antonopoulos, Solar radiation estimation methods using ANN and empirical models, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 160, May 2019, Pages 160-167.
- [12] Ji-Long Chen, Lei He, Hong Yang, Qiao Chen, Mao-Hua Ma, Xiao-Xiao Wang, Zuo-Lin Xiao. Coupling meteorological variables with Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer atmospheric products for estimating global solar radiation, Energy Conversion, and Management, Volume 205, 1 February 2020, 112383.
- [13] Theo Chidiezie Chineke, Ugochukwu Kingsley Okoro. Application of Sayigh “Universal Formula” for global solar radiation estimation in the Niger Delta region of Nigeria, Renewable Energy Volume 35, Issue 3, March 2010, Pages 734-739.
- [14] Cihan Demircan, Hilmi Cenk Bayrakçı, Ali Keçebaş. Machine learning-based improvement of empiric models for an accurate estimating process of global solar radiation, Sustainable Energy Technologies, and Assessments, Volume 37, February 2020, 100574.
- [15] Hacer Düzen, Harun Aydın. Sunshine-based estimation of global solar radiation on a horizontal surface at Lake Van region (Turkey), Energy Conversion and Management, Volume 58, June 2012, Pages 35-46.
- [16] Ali Etem Gürel, Ümit Ağbulut, Yunus Biçen. Assessment of machine learning, time series, response surface methodology, and empirical models in prediction of global solar radiation, Journal of Cleaner Production, 23 May 2020, 122353.
- [17] Kacem Gairaa, Abdallah Khellaf, Youcef Messlem, Farouk Chellali. Estimation of the daily global solar radiation based on Box–Jenkins and ANN models: A combined approach, Renewable, and Sustainable Energy Reviews, Volume 57, May 2016, Pages 238-249.
- [18] Danny H.W.Li, Wenqiang Chen, Shuyang Li, Siwei Loub. Estimation of hourly global solar radiation using Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) - A case study of Hong Kong, Energy, Volume 186, 1 November 2019, 115857.

- [19] Prince Junior Asilevi, Emmanuel Quansah, Leonard Kofitse Amekudzi, Thompson Annor, Nana Ama Browne Klutse. Modeling the spatial distribution of Global Solar Radiation (GSR) over Ghana using the Angström-Prescott sunshine duration model, Scientific African, Volume 4, July 2019, e00094.
- [20] Rahul G. Makade, Siddharth Chakrabarti, Basharat Jamil, C.N. Sakhale. Estimation of global solar radiation for the tropical wet climatic region of India: A theory of experimentation approach, Renewable Energy 146, February 2020, 2044-2059.
- [21] Wanxiang Yao, Chunxiao Zhang, Haodong Hao, Xiao Wang, Xianli Li. A support vector machine approach to estimate global solar radiation with the influence of fog and haze, Renewable Energy, Volume 128, Part A, December 2018, Pages 155-162.
- [22] Haixiang Zang, Lilin Cheng, Tao Ding, Kwok W. Cheung, Miaomiao Wang, Zhinong Wei, Guoqiang Sun; Application of functional deep belief network for estimating daily global solar radiation: A case study in China, Energy, Volume 191, 15 January 2020, 116502.
- [23] E. Deniz, K. Atik. Güneş ışınım şiddeti tahminlerinde yapay sinir ağları ve regresyon analiz yöntemleri kullanımının incelenmesi. Isı bilimi ve tekniği dergisi, 27: 2 (2007) 15-20.
- [24] R. Trippi, E. Turban, Neural Networks in Finance, and Investing. Chicago: Irwin Publishing, 1996.
- [25] L. H. Tsaukalas, R. E. Uhrig. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering. New York: Wiley, 1997.
- [26] Gökhan Arslan, Burhan Bayhan, Kaan Yaman. Mersin/Türkiye için ölçülen global güneş ışınımının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi ve yaygın ışınım modelleri ile karşılaştırılması, Fen Bilimleri Dergisi, 2019, 80-96.
- [27] Henri P. Gavin. The Levenberg-Marquardt algorithm for nonlinear least-squares curve-fitting problems, August 2019.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 21



**Biyoaktif Mezogözenekli Bakır Yüklemeli Kalsiyum
Silikat Malzemelerin Sentezi, Karakterizasyonu ve
Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi
(Fatma Tomul, Yasin Arslan)**

Biyoaktif Mezogözenekli Bakır Yüklemeli Kalsiyum Silikat Malzemelerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Fatma Tomul¹, Yasin Arslan²

¹*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
Kimya Bölümü, 15100, Burdur, Türkiye
E-mail:ftomul@mehmetakif.edu.tr*

²*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
Nanobilim ve Nanoteknoloji Bölümü, 15100, Burdur, Türkiye
E-mail:yasinarslan@mehmetakif.edu.tr*

1. Giriş

Biyoaktif malzemeler, eşsiz biyoaktivite ve biyouyumluluk özelliklerinden dolayı dikkat çeken malzemelerden biridir. Biyoaktif mezogözenekli kalsiyum silikat malzemelerin, yüksek yüzey alan, büyük gözenek hacmi ve mezogözenekli yapıları süper kemik oluşturma biyoaktivitesi ve ilaç salım özelliğine sahip olmalarını sağlamaktadır. Bu nedenle son yıllarda mezogözenekli biyoaktif kalsiyum silikat malzemeler sert doku oluşumu için diğer biyoaktif malzemelerden daha çok ilgi çekmekte ve ilaç salım sistemleri gibi biyomedikal uygulamalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemelerin biyoaktivite karakteristikleri bileşimine ve bileşimini oluşturan elementlerin miktarına bağlı olarak değişmektedir. Bileşiminde gümüş içeren biyoaktif malzemeler antibakteriyal özellik gösterirken, ZnO ve CuO bileşiklerini içeren biyoaktif malzemeler ise kronik inflamasyon işlemlerinde oldukça yüksek anti-inflamasyon özellik göstermektedirler [Karakassides vd. (2000); Li vd. (2008); Goh vd. (2014); Klein vd. (2013)]. Diğer taraftan bileşimlerinde magnezyumun varlığı kemik oluşumunu artırmakta iken belirli miktarda bakır varlığı ise kemik yıkımını önlemektedir. Ayrıca bakır antibakteriyal aktivite artırıcı özelliği, osteoplastik hücrelerdeki çoğalma davranışı gibi çok fonksiyonlu özelliklere sahiptir [Yadav vd. (2017); Koohkan vd. (2018)]. Bu nedenle bu çalışmada biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemeler (BMKS) basit ve çevre dostu sentez yöntemi ile sentezlenmiştir. Sentez şartlarının, ürünlerin kristal ve gözenek yapısı, yüzey kimyası, ısıl dayanıklılığı, yüzey fonksiyonel grupları üzerine etkileri ile birlikte biyolojik aktiviteyi ne yönde etkilediği SEM/EDS, TGA, XRD, azot-adsorpsiyon/desorpsiyon, ve FTIR karakterizasyon tekniklerinin kullanımı ile belirlenmiştir.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Kimyasal Malzemeler

Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemelerin sentezinde gözenek yönlendirici olarak iyonik olmayan blok kopolimer (poly(ethylene) glycol-block-poly(propylene glycol)-block-poly(ethylene glycol)) [Pluronic P123, $C_4H_5O(C_2H_4O)_x(C_3H_6O)_y(C_2H_4O)_zC_4H_5O_2$] kullanılmıştır. Ayrıca sentezde analitik saflıkta tetraetil ortosilikat [TEOS, $Si(OC_2H_5)_4$], kalsiyum nitrat [$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$], bakır nitrat [$Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$], etil alkol [C_2H_5OH] ve hidroklorik asit (HCl, % 37) kullanılmıştır. Çözeltiler ultrasaf su ile hazırlanmıştır.

2.2. Biyoaktif Mezogözenekli Bakır Yüklemeli Kalsiyum Silikat Malzemelerin Hazırlanması

Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemeler Romero-Sánchez vd. (2018) reçetesi temel alınarak sol-jel yöntemi ile sentezlenmiştir. Sentezde 4 g P123 ortam sıcaklığında 50 mL alkol ve 1 mL HCl çözeltisi (% 37 Merck) içinde çözündürülmüş ve 3 saat karıştırılmıştır. Daha sonra 2 saat ara ile sırasıyla TEOS, kalsiyum nitrat ve bakır nitrat Si/Ca/Cu kütlece % 70/30/0, 70/27/1, 70/27/3 ve 70/25/5 olacak miktarlarda ilave edilmiş ve 24 saat karıştırılarak bekletilmiştir. Daha sonra hazırlanan bu karışımlar 37 °C 2 gün ve 80 °C 8 saat bekletildikten sonra ortam sıcaklığında kurutulmuştur. Elde edilen biyoaktif malzemeler iki izotermal basamaklı ısıtma işlemi i) 1°C/min ısıtma hızında 400 °C'ye ısıtılmış ve bu sıcaklıkta 1 saat ii) 2 °C/min ısıtma hızında 800 °C'ye ısıtılmış ve bu sıcaklıkta 2 saat kalsine edilmiştir. Elde edilen ürünler yüklenen bakır miktarını belirtecek şekilde BMKS, BMKS-Cu1, BMKS-Cu3 ve BMKS-Cu5 olarak kodlanmıştır.

2.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemelerin morfolojisini incelemek için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. SEM analizleri JEOL SEM-7100-EDX model elektron mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir. Elementel bileşimi belirlemek için EDX spektrumları alınmıştır.

2.4. Azot Adsorpsiyon/Desorpsiyon İzotermeleri

Azot adsorpsiyon/desorpsiyon izotermeleri, sıvı azot sıcaklığında (-196°C) Quantachrome Quadrasorb SI model yüzey karakterizasyon analiz cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Yüzey alan ve gözenek boyut dağılımlarını belirlemek için Brunauer-Emmett-Teller (BET) ve Barrett-Joyner-Halenda (BJH) metodları kullanılmıştır. Toplam gözenek hacmi (V_t) P/P_0 'nın ~0,96, değerindeki adsorpsiyon verisinden, mikro gözenek hacimleri ise $V-t$ grafiğinden hesaplanmıştır.

2.5. X-Işını Kırınım (XRD) Analizi

Sentezlenen örneklerin kristal yapısını değerlendirmek için XRD analizi kullanılmış ve XRD desenleri 2θ (yansıma açısı) = 10^0 - 90^0 aralığında, dalga boyu 0,15406 nm olan “CuK α ışın kaynaklı Rigaku Ultima IV Difraktometre” ile 0,013 basamak değişimi ile 45 kV voltaj ve 40 mA akım değerlerinde elde edilmiştir.

2.6. Isıl Kararlılık

Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemelerin ısı kararlılığı ve bozunma davranışı TGA/DTA (termogravimetrik-diferansiyel ısı analiz, Seiko SII TG 7200) analizi ile değerlendirilmiştir. Analiz ortam sıcaklığı-1000 °C aralığında, 20 °C/min ısıtma hızında azot gazı akışı altında yapılmıştır.

2.7. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi

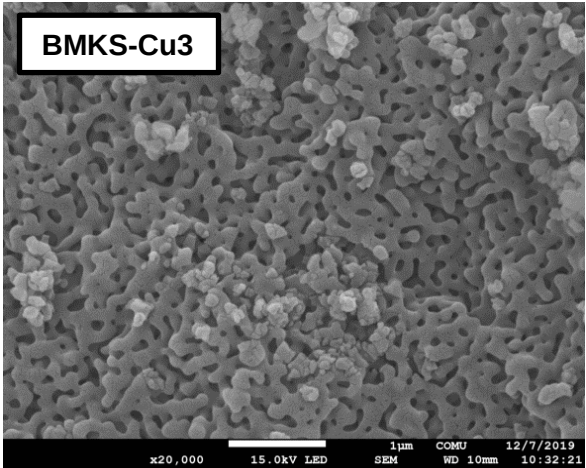
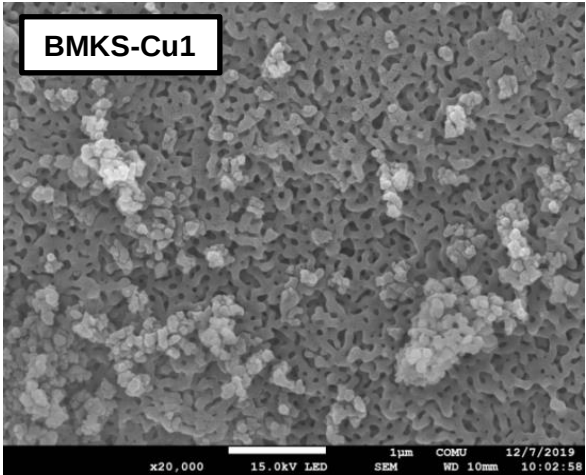
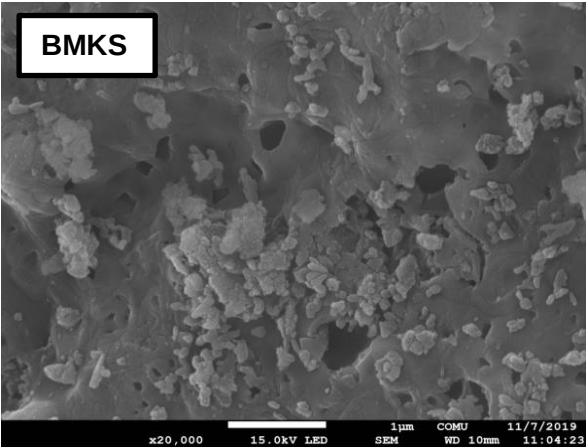
Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemelerdeki bileşikler ve bağları tanımlamak için FTIR kullanılmıştır. FTIR spektrumları Perkin Elmer Frontier model FTIR cihazı kullanılarak KBr pellet tekniği ile 4000-400 cm⁻¹ aralığında elde edilmiştir.

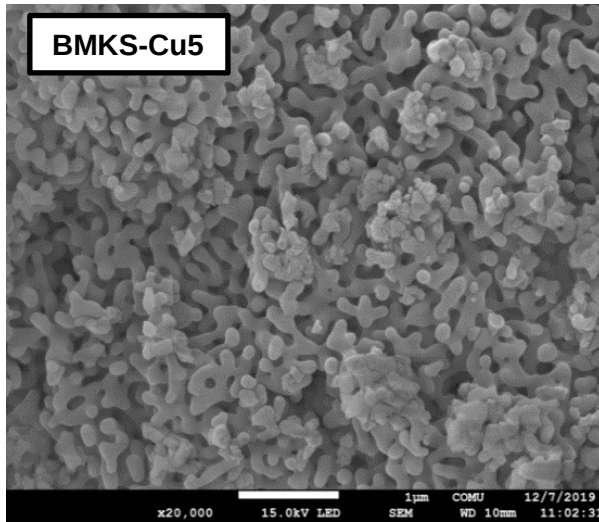
2.8. Yapay Vücut Sıvısında (in vitro) Biyolojik Aktivite Çalışmaları

Sentezlenen malzemelerin biyolojik aktiviteleri Kokubo ve ark., 2006 tarafından önerilen reçeteye göre hazırlanan yapay vücut sıvısında (YVS, pH 7.4, T=37 °C) 28 gün bekletilmeleri sürecinde yüzeylerinde hidroksiapatit oluşumu ile değerlendirilmiştir. YVS’de bekletilen örnekler YVS’den ayrıldıktan sonra su ile yıkanmış ve 37°C’de 24 saat kurutulmuştur. Hidroksi apatit oluşumunu doğrulamak için FTIR analizleri yapılmıştır.

2.9. Morfolojik ve Mikroyapısal Özellikler

Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemelerin SEM ile elde edilen morfolojisi Şekil 1’de gösterilmiş, EDX ile belirlenen yüzey bileşimi Tablo 1’de özetlenmiştir. Bakır içerikli malzemelerde bakır içermeyen ürüne göre birbirine bağlı ve gözenekli bir yapı iskelesinin olduğu ve homojen parçacıkların varlığı görülmüştür. EDX analiz sonuçları sentezlenen ürünlerin Si, O, Ca, C ve Cu içerdiğini göstermiştir. Bu sonuçlar bakırın mezogözenekli biyoaktif kalsiyum silikat malzemeye yüklendiğini göstermiştir. Ayrıca sentezlenen ürünlerde gözlenen C varlığı, uygulanan ısı işlemi ile yüzey aktif maddenin yapıdan tamamen uzaklaşmadığına işaret etmektedir.



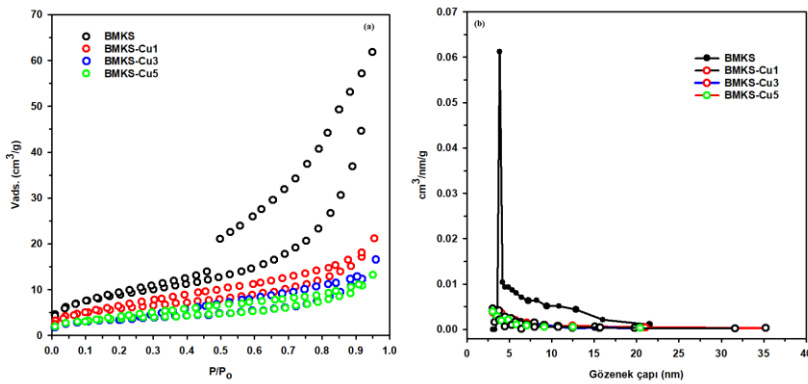


Şekil 1: Mezogözenekli biyoaktif kalsiyum silikat malzemelerin SEM fotoğrafları

Tablo 4: EDX ile belirlenen yüzey bileşimleri

% Atom (N=2)					
	O	Si	C	Ca	Cu
BMKS	51,60±3,20	22,20±0,70	19,40±1,30	6,80±2,60	-
BMKS-Cu1	62,75±0,25	13,55±0,75	19,25±0,05	4,35±1,05	0,10±0,00
BMKS-Cu3	57,80±0,00	22,25±0,15	16,85±0,05	2,05±0,05	1,00±0,00
BMKS-Cu5	61,75±1,05	18,70±0,80	17,75±0,05	1,25±0,25	0,50±0,10

Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemelerin adsorpsiyon/desorpsiyon izotermeleri ve BJH metot ile belirlenen gözenek boyut dağılımları Şekil 2’de gösterilmiştir. Yapısal özellikler Tablo 2’de verilmiştir. H1 tip histerisli Tip IV izoterm bütün örneklerde gözlenmiştir [Rouquerol vd. (1999); Lowell vd. (2004)]. Elde edilen örneklerin yapısında oluşan mezogözeneklerden dolayı izotermelerden de gözlendiği gibi desorbsiyon sırasında histeresis oluşmuştur. Bakır yükleme ile histerisis aralığında bir azalma gözlenmiştir.



Şekil 2: BMKS, BMKS-Cu1, BMKS-Cu3 ve BMKS-Cu5 örneklerin (a) N₂-adsorpsiyon/desorpsiyon izotermi (b) BJH metot ile elde edilen gözenek boyut dağılımları

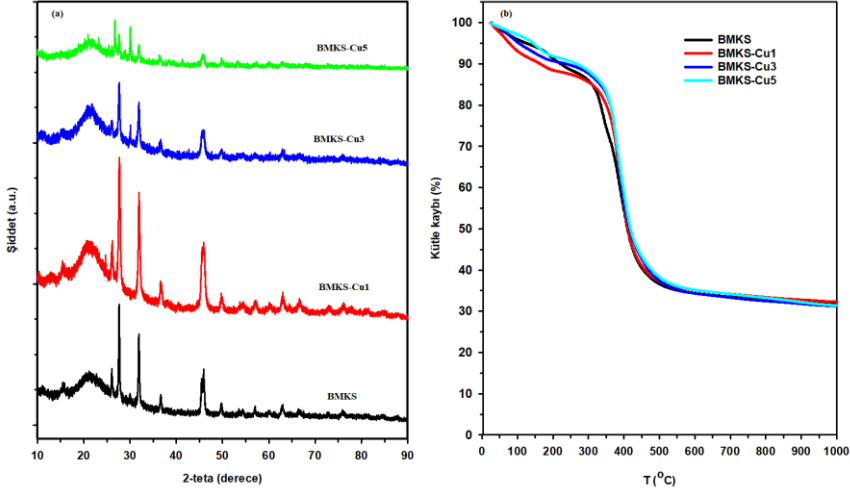
0,05<P/P₀<0,25 aralığında izoterm verilerinden belirlenen çok nokta BET yüzey alan (S_{BET}) değerleri ve V-t grafiklerinden elde edilen dış yüzey alan değerleri ($S_{dış}$) incelendiğinde BMKS örneğin S_{BET} ve $S_{dış}$ değerlerinin her ikisinin de bakır yükleme ile azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan yüzey alanlarında gözlenen bu azalmaya karşın mikrogözenek hacimlerinin arttığı gözlenmiştir ve bakır içeriğindeki artışın bu değerleri çok fazla etkilemediği görülmüştür (Tablo 2). BMKS örneğin ortalama ve BJH metot ile belirlenen gözenek boyut değerlerinin bakır yüklemeli ürünlere göre daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar metal yükleme ile destek yapının mezo gözenekliliğinin azaldığı ve mikro gözenekliliğinin arttığını göstermektedir. Bakır yükleme ile mikro gözenek hacim değerlerinin artışı da bu sonucu desteklemektedir.

Tablo 2: Mezogözenekli ve bakır içerikli biyoaktif kalsiyum silikat malzemelerin yüzey özellikleri

Örnek kodu	S_{BET} m ² g ⁻¹	$S_{dış}$ m ² g ⁻¹	V_t cm ³ g ⁻¹	V_{μ} cm ³ g ⁻¹	d_{ort} nm	d_{BJH} nm
BMKS	32	30	0,096	0,0003	11,94	3,86
BMKS-Cu1	21	17	0,030	0,0014	6,23	3,33
BMKS-Cu3	12	10	0,026	0,0009	8,46	3,06
BMKS-Cu5	13	9	0,020	0,0014	6,28	3,05

BMKS, BMKS-Cu1, BMKS-Cu3 ve BMKS-Cu5 ürünlerin geniş açılı X-ışını kırınım desenleri Şekil 3a'da gösterilmiştir. Sentezlenen tüm ürünlerde $2\theta=26,88^\circ$ açısında gözlenen ve bakır yükleme ile önce şiddeti artan ancak bakır miktarının artışı ile şiddeti azalan pik, kalsiyum silikattan (CaSiO₃, Wollastonit) kaynaklanmaktadır. Ayrıca bütün örneklerde yaklaşık $2\theta=32,2^\circ$ açısında gözlenen pik β -Ca₂SiO₄ (β -dikalsiyum silikat, larnite) bileşiğinden

kaynaklanmakta ve pik şiddeti bakır ilavesi ile önce artmakta, bakır ilavesinin artışı ile azalmaktadır.

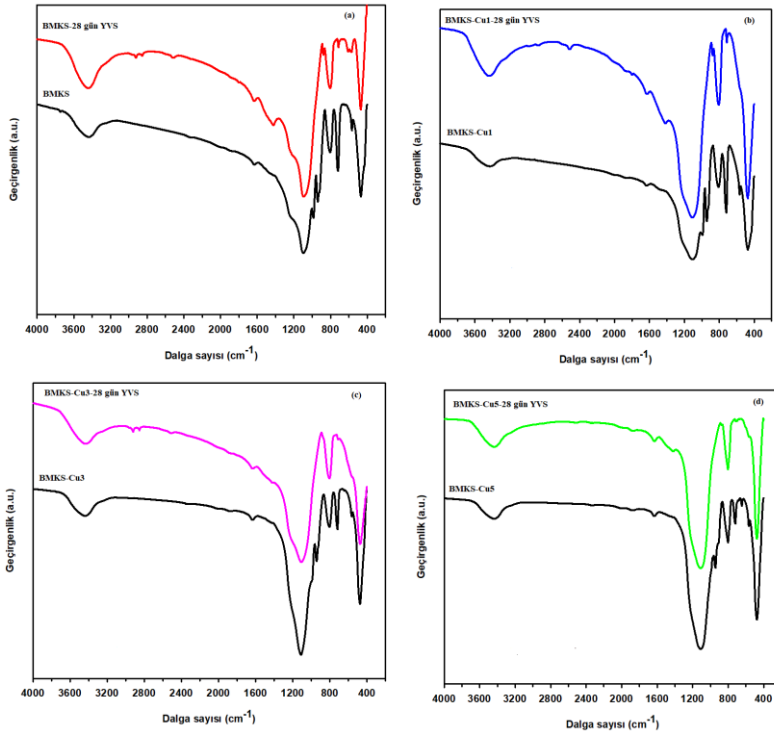


Şekil 3: BMKS, BMKS-Cu1, BMKS-Cu3 ve BMKS-Cu5 örneklerin a) X-ışını kırınım desenleri b) TGA eğrileri

Termal gravimetrik analiz (TGA) sentezlenen malzemelerin ısı davranışını incelemek için kullanılmıştır (Şekil 3b). BMKS ve bakır yüklemeli bütün örnekler için benzer TGA eğrileri elde edilmiş, bakır yüklemenin BMKS örneğin ısı kararlılığını etkilemediği görülmüştür. Yüzeye adsorplanmış ve moleküler sudan kaynaklanan kütle kayıpları 200°C'ye kadar devam etmiş BMKS, BMKS-Cu1, BMKS-Cu3 ve BMKS-Cu5 örnekleri için sırasıyla % 8,67, % 11,58, % 9,31 ve % 8,11 düzeylerinde gözlenmiştir. Diğer taraftan, bütün örnekler için en yüksek kütle kayıpları yüzey aktif maddenin bozunmasına bağlı olarak 200-400°C sıcaklık aralığında BMKS için % 37,18 BMKS-Cu1 için % 33,10, BMKS-Cu3 için % 34,05 ve BMKS-Cu5 için % 34,04 düzeylerinde gözlenmiştir. 400-800°C sıcaklık aralığında BMKS için % 21,27 BMKS-Cu1 için % 21,94, BMKS-Cu3 için % 24,18 ve BMKS-Cu5 için % 24,62 düzeylerinde gözlenmiştir. Bu sonuçlar sentezlenen ürünlerin ısı kararlılığının düşük olduğunu, bakır ilavesi ile de ısı kararlılığın değişmediğini göstermektedir. Ancak 800°C kalsinasyon sıcaklığı açısından kütle kayıpları değerlendirildiğinde 800°C'den daha yüksek sıcaklıklarda kütle kayıplarının önemli düzeyde olmadığı görülmektedir (Şekil 3b). 800-1000°C sıcaklık aralığında BMKS için % 1,15 BMKS-Cu1 için % 1,12, BMKS-Cu3 için % 1,21 ve BMKS-Cu5 için % 1,82 olarak oldukça düşük düzeyde gözlenmiştir.

2.10. Yapay vücut sıvısında (in vitro) biyolojik aktivite çalışmaları sonuçları

Biyoaktif mezogözenekli kalsiyum silikat malzemelerin 28 gün yapay vücut sıvısında bekletildikten önce ve sonraki FTIR spektrumları Şekil 4'te verilmiştir. Yapay vücut sıvısında bekletilmeyen bütün örneklerde 1097 cm^{-1} ve 470 cm^{-1} dalga sayılarında Si-O-Si bağının asimetrik bükülme ve 808 cm^{-1} dalga sayısında Si-O bağının simetrik gerilme titreşimlerine karşılık gelen pikler gözlenmiştir. Bu piklere ilave olarak Si-O-Ca titreşim bandından kaynaklanan pikte yaklaşık 940 cm^{-1} dalga sayısında gözlenmiştir. Si-O gruplarının varlığı yapay vücut sıvısında 28 gün bekletildikten sonrada gözlenmiş ve pik konumlarının da değişmediği görülmüştür. Ayrıca 28 gün YVS'de bekletmenin sonucunda hidroksiapatit oluşumunu gösteren 568 ve 608 cm^{-1} 'de bulunan ikili bant sadece bakır içermeyen örnekte gözlenmesine rağmen 1438 cm^{-1} dolaylarında karbonat hidroksiapatitten kaynaklanan pik bütün örneklerde görülmüştür.



Şekil 4: Biyoaktif mezogözenekli bakır yüklemeli kalsiyum silikat malzemelerin 28 gün yapay vücut sıvısında bekletildikten önce ve sonra FTIR spektrumları

Değişen miktarlarda bakır içeren biyoaktif mezogözenekli kalsiyum silikat malzemeler sol-jel yöntemi ile hazırlanmış, karakterize edilmiş ve

biyolojik aktiviteleri yapay vücut sıvısında 28 gün bekletilerek in vitro incelenmiştir. Karakterizasyon sonuçları mezogözenekli kalsiyum silikat malzemelerin oluştuğunu, mezogözenekli kalsiyum silikat malzemelerin yüzey özelliklerinin, özellikle yüzey alan ve toplam gözenek hacim değerlerinin bakır ilavesi ile azaldığını göstermiştir. Biyolojik aktivite sonuçları da karbonatlı hidroksiapatit oluşumunu doğrulamıştır.

3. Referanslar

- Goh, Y. F., Alshemary, A. Z., Akram, M., Kadir, A., Rafiq, M. Hussain, R. (2014). Bioactive Glass: An In-Vitro Comparative Study of Doping with Nanoscale Copper and Silver Particles. *International Journal of Applied Glass Science*, 5(3), 255-266.
- Karakassides, M. A., Bourlinos, A., Petridis, D., Coche-Guerente, L. Labbè, P. (2000). Synthesis and characterization of copper containing mesoporous silicas. *Journal of Materials Chemistry*, 10(2), 403-408.
- Klein, T. Y., Wehling, J., Treccani, L. Rezwani, K. (2013). Effective bacterial inactivation and removal of copper by porous ceramics with high surface area. *Environmental Science & Technology*, 47(2), 1065-1072.
- Kokubo, T., Takadama, H. (2006). How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? *Biomaterials*, 27, 2907-2915.
- Koohkan, R., Hooshmand, T., Tahriri, M. Mohebbi-Kalhari, D. (2018). Synthesis, characterization and in vitro bioactivity of mesoporous copper silicate bioactive glasses. *Ceramics International*, 44(2), 2390-2399.
- Li, X., Wang, X., He, D. Shi, J. (2008). Synthesis and characterization of mesoporous $\text{CaO-MO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ (M= Mg, Zn, Cu) bioactive glasses/composites. *Journal of Materials Chemistry*, 18(34), 4103-4109.
- Lowell S., Shields J.E., Thomas M.A. Thommes M. (2004). Characterization of porous solids and powders: Surface area pore size and density. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 213-228.
- Rouquerol F., Rouquerol J. Sing K. (1999). Adsorption by powders and porous solids, Academic Press, London, 165-234.
- Romero-Sánchez, L. B., Marí-Bellá, M., Carrillo, P., Medina, M.Á. Díaz-Cuenca, A. (2018). Copper-containing mesoporous bioactive glass promotes angiogenesis in an in vivo zebrafish model. *Acta Biomaterialia*, 68, 272-285.

- Yadav, L., Tripathi, R.M., Prasad, R., Pudake, R.N., Mittal, J. (2017). Antibacterial Activity of Cu Nanoparticles against *E. coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Nano Biomedical Engineering*, 9(1), 9-14.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 22



**Kitosan Katkılanmış Karbon Nanotüplerin Metal
Adsorpsiyonunda Kullanımı
(Yasin Arslan, Fatma Tomul)**

Kitosan Katkılanmış Karbon Nanotüplerin Metal Adsorpsiyonunda Kullanımı

Yasin Arslan¹, Fatma Tomul²

¹*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
Nanobilim ve Nanoteknoloji Bölümü, 15100, Burdur, Türkiye,
E-mail: yasinarslan@mehmetakif.edu.tr*

²*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
Kimya Bölümü, 15100, Burdur, Türkiye,
E-mail: ftomul@mehmetakif.edu.tr*

1. Giriş

1.1. Ağır Metal Kirliliği

Günümüzde insan, dünya çapında kömür, doğal gaz, petrol ve atık maddelerin yakılması gibi birçok kaynaktan gelen toksik ve ağır metallerin en yüksek seviyelerine maruz kalmaktadır. Bu tür metaller, yaşlanmanın, hastalıkların ve hatta genetik kusurların ana nedenini temsil eder [Lemos vd., 2010].

Metal toksisitesi veya metal zehirlenmesi, belirli form ve dozlardaki metallerin yaşam üzerindeki toksik etkisidir. Bazı metaller zehirli çözünür bileşikler oluşturduklarında zehirlidir. Bazı metallerin biyolojik bir rolü yoktur, yani temel mineraller değildirler veya belirli bir formda olduklarında toksiktirler. Örneğin kurşunun, herhangi bir miktarının olumsuz sağlık etkileri olabilir. Genellikle yalnızca ağır metallerin toksik olabileceği düşünülür, ancak belirli durumlarda berilyum ve lityum gibi daha hafif metaller de toksik olabilir. Ayrıca tüm ağır metaller toksik değildir ve demir gibi bazıları gereklidir. Ağır metal, nispeten yüksek yoğunluğa sahip olan ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirli olan herhangi bir metalik elementtir. Ağır metaller, yer kabuğunun doğal bileşenleri olarak bulunurlar ve parçalanamadıkları veya yok edilemedikleri için kalıcı çevresel kirleticilerdir. Bu elementler doğal olarak bulunurken, genellikle inert bileşiklere bağlanırlar. Bununla birlikte, antropojenik faaliyetlerin bir sonucu olarak konsantrasyonları birkaç kat artmıştır. Zararlı ağır metallere insan maruziyeti, kontamine gıda tüketiminden, havadaki partiküllere maruz kalmadan ve kontamine su ile temas veya tüketimine kadar birçok şekilde meydana gelebilir ve bir süre boyunca birikebilir. Suyla ilgili hastalıklar genellikle hem organik hem de inorganik kirleticilerin yüksek ağır metal konsantrasyonlarına maruz kalmaya bağlanabilir. Bu bileşiklerin birçoğu doğal olarak bulunur, ancak antropojenik faaliyetlerin bir sonucu olarak konsantrasyonları artmıştır [Samuel vd., 2015].

Gelişmekte olan ülkelerde su tedarik sistemleri ve içme suyuna erişilememesi, acil eylem gerektiren küresel bir sorundur. Dünyada yaklaşık 884 milyon insan hala içme suyunu onaylı kaynaklardan alamıyor ve bu insanların neredeyse tamamı gelişmekte olan bölgelerdedir. Suyu erişimi olmayan tüm vatandaşlara kaliteli içme suyu sağlanması, başta Afrika olmak üzere, su kaynaklı hastalıkları tedavi etmek için önemli miktarda ulusal bütçenin kullanıldığı, gelişmekte olan ülkelerin çoğunda yoksulluğun azaltılmasında bir kırılma noktası olacaktır. Güvenilir içme suyuna sahip olmak artık Birleşmiş Milletler tarafından bir insan hakkı olarak kabul edilmektedir [Samuel vd., 2015].

Metal iyonlarının gelişigüzel atılması nedeniyle su kaynaklarının kirlenmesi dünya çapında endişeye neden olmaktadır. Metalurjik işlemler, kimyasal imalat, madencilik ve pil imalat endüstrileri gibi birçok endüstriden gelen atık su, bir veya daha fazla toksik metal iyonu içermektedir [Rao vd., 2007, Hosam vd., 2012]. Toksik metal iyonlarının atık deşarj yoluyla su kütlelerine ve gıda zincirine girme olasılığı olduğundan, atık suların ve diğer örneklerden metal iyonlarının uzaklaştırılması bir zorunluluk haline gelmiştir.

1.2. Ağır Metallerin Örneklerden Uzaklaştırılma Yöntemleri

Oksidasyon, indirgeme, çökeltme, membran filtrasyonu, iyon değişimi ve adsorpsiyon dahil olmak üzere metal iyonlarını uzaklaştırmak için kullanılan birçok geleneksel yöntem vardır. Günümüzde adsorpsiyon yönteminin, basitliği, yüksek verimliliği, kolay geri kazanımı ve adsorbanın yeniden kullanılabilirliği nedeniyle metal iyonlarının sulu çözeltilerden ve diğer örneklerden uzaklaştırılması, en popüler arıtma prosesi olarak kabul edilmektedir [Shawky vd., 2006; Hosam vd., 2012].

1.3. Karbon Nanotüpler

Karbon ailesinin büyüleyici yeni bir üyesi olan karbon nanotüpler (KNT'ler), benzersiz morfolojileri ve çeşitli potansiyel uygulamalarının yanı sıra olağanüstü mekanik özellikleri nedeniyle keşiflerinden bu yana güçlü araştırmaların ilgisini çekmiştir [Lijima, 1991; Hosam vd., 2012]. KNT'lerin, geniş bir spesifik yüzey alanına sahip içi boş ve katmanlı nano boyutlu yapıları nedeniyle organik ve inorganik kirleticilerin giderilmesinde mükemmel adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu kanıtlanmıştır [Long vd., 2001; Lu vd., 2006; Chen vd., 2007; Hosam vd., 2012]. Daha önceki çalışmalar, KNT'lerin Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} ve Cr^{6+} gibi iyonlar için atık suyun arıtılmasında umut verici adsorbanlar olabileceğini öne sürülmüştür [Kuo, 2009; Hosam vd., 2012]. Ayrıca, dioksinler ve KNT'ler arasındaki güçlü etkileşimler nedeniyle KNT'lerin dioksin giderimi için aktif karbondan daha fazla adsorban olduğu bildirilmiş ve son zamanlarda boya moleküllerinin absorpsiyonu için KNT'ler kullanılmıştır [Long vd., 2001; Wu,

2007; Hosam vd., 2012]. Bununla birlikte, çoğu organik ve inorganik sulu çözeltideki doğal çözünmezlikleri, KNT'lerin çözelti aşamasında manipülasyonunu sınırlamış ve bu durum KNT'lerin gerçek örnekler üzerinde adsorben olarak kullanımını büyük ölçüde engellemiştir [Hong vd., 2006; Qin vd., 2004; Hosam vd., 2012]. Bu nedenle, son zamanlarda, adsorpsiyon kapasitelerini arttırmak için KNT'lerin modifikasyonunu içerecek çalışmalar yaygınlaşmıştır.

1.4. Nanokompozitler

Polimerlerin nano ölçekli boyutlardaki inorganik parçacıklar için ev sahibi olarak görev yaptığı nanokompozitler, bilimsel ve teknolojik ilgiyi oldukça çekmiştir [Zhong vd., 2003; Hosam vd., 2012]. Bu malzemeler, sensörler, mekanik sönümleme cihazları ve esnek özelliklere sahip fonksiyonel malzemeler gerektiren diğer teknolojiler için mükemmel aday olmaya başlamıştır. Nanokompozitler, saf polimerin özelliklerinden önemli ölçüde farklı özellikler sergileyebilir ve nanokompozitlerin kimyasal ve biyolojik ayırma dahil olmak üzere moleküler ayırma için yararlı olduğu kanıtlanmıştır [Wang vd., 2004; Merkel vd., 2002; Hosam vd., 2012]. Bununla birlikte, KNT yüklemeleri ile homojen nanokompozitlerin üretimi teknik bir zorluk olmaya devam etmektedir çünkü zayıf çözünürlükleri kimyasal manipülasyonu zorlaştırmaktadır [Doorn vd., 2002; Islam vd., 2003; Hosam vd., 2012]. Düşük çözünürlüklü dispersiyonların neden olduğu dispersiyon sorunu, çözünürlüğe bağlı değildir, çünkü mekanik takviye özelliklerinin tam olarak kullanılmasına izin vermek için bir KNT çözeltisinin çözülmesi gerekmektedir.

1.5. Kitosan Katkılı Karbon Nanotüpler

Kitinin deasetillenmiş ürünü olan kitosan (KTS), çoklu fonksiyonel grupları, biyouyumluluğu ve biyobozunabilirliği nedeniyle metallere karşı yüksek bir adsorpsiyon kapasitesi sergiler [Shawky, 2009; Hosam vd., 2012]. KTS bazlı adsorbanlar, pul, toz veya boncuktan hidrojel fiber türlerine kadar farklı formlarda kullanımları açısından çok yönlü malzemelerdir. Bununla birlikte, KTS'nin hidrofilik karakteri ve sonuç olarak, su ve nemli ortamlardaki zayıf mekanik özellikleri, uygulamasını sınırlamaktadır. Kimyasal çapraz bağlama [Chiou vd., 2004; Hosam vd., 2012], karboksil alkil ikamesi [Mourya vd., 2008; Hosam vd., 2012] ve poliaminasyonun [Kim vd., 2005; Hosam vd., 2012] KTS hidrojellerinin mekanik mukavemetini arttırdığı bildirilmiştir. Bu yöntemler mekanik kararlılığı tatmin edici bir şekilde iyileştirebilir ve bazen adsorpsiyon kapasitesinde önemli bir azalmaya neden olabilir [Crini vd., 2008; Hosam vd., 2012]. Amin grupları, KTS'nin en aktif sorpsiyon bölgeleri olduğundan, bu çapraz bağlanma, sorbentin aktif bölgelerinin sayısını azaltır. Bu nedenle, çapraz bağlama reaksiyonundan önce KTS'nin aktif bölgelerinin korunması, sorpsiyon

kapasitesinde bir artışa neden olabilir. Ayrıca, polimer nanokompozitlerde temel malzeme KTS'yi güçlendirmek için kil ve silika nanoparçacıkları gibi farklı nanodolgu maddeleri kullanılmıştır [Wang vd., 2007; Hosam vd., 2012]. Son zamanlarda, KNT'ler, mükemmel mekanik, elektriksel ve termal özelliklerinden dolayı KTS/KNT nanokompozitlerinin hazırlanması için umut verici bir nanodolgu maddesi olarak kullanılmıştır [Hao vd., 2007; Liu vd., 2009; Hosam vd., 2012]. Ayrıca, KTS doğal, doğrusal bir polisakkarit polimeri olduğundan, kararlı dağılımlar oluşturmak için KNT'lerle başarılı bir şekilde etkileşime girdiği gösterilmiştir [Moulton vd., 2005; Hosam vd., 2012].

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kimyasal Malzemeler

Deneysel çalışmalarda kullanılan tüm kimyasal malzemeler analitik reaktif derecesindedir. Tüm deneylerde PURIS arıtma sistemi (Model: Expe-UP Serisi) kullanılarak elde edilen 18 M Ω ·cm deiyonize su kullanılmıştır. Laboratuvar kapları kullanılmadan önce en az bir gece %5 nitrik asitte (HNO₃, Merck) bekletilmiştir. Daha sonra deiyonize su ile iyice durulanmış ve ardından kurutulmuştur. Deneysel çalışmalarda, kitosan (düşük molekül kütleli, Cas No: 9012-76-4, Sigma Aldrich), çok duvarlı karbon nanotüp (Cas no: 308068-56-6, Sigma Aldrich), asetik asit (Cas No: 64-19-7, Sigma Aldrich), HNO₃ (% 65, Merck), 1000 mg/L derişimlerine sahip Pb(II), Ca(II), Cd(II) ve Mg(II) stok standart çözeltiler (Merck) kullanılmıştır.

10 mg/L Pb(II), Ca(II), Cd(II) and Mg(II) standart çözeltileri, her biri 1000 mg/L (Merck) derişime sahip stok sulu çözeltileri kullanılarak 18 M Ω ·cm deiyonize su ile gerekli seyreltmeler yapılarak hazırlanmıştır.

Sonuçlar arasındaki istatistiksel farklar % 95 güven seviyesinde t-testi ile belirlenmiştir.

2.2. Kitosan Katkılı Karbon Nanotüp Hazırlanması

Kitosan katkılı karbon nanotüplerin hazırlanmasında, 0,040 g karbon nanotüp, 2 mL % 30'luk HNO₃ içerisinde 24 saat süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra mavi bant süzgeç kağıdı kullanılarak karışımdan ayrılmış ve pH=7 olacak şekilde deiyonize su ile yıkanmıştır. Etüvde 70 °C'de kurutulan karbon nanotüp'ün tartım işlemi gerçekleştirilmiş ve 0,035 g tartılan karbon nanotüp, 0,0089 g kitosan ile % 2'lik 20 mL asetik asit içerisinde 24 saat süreyle karıştırma işlemine tabii tutulmuştur. Son olarak yine mavi bant süzgeç kağıdı kullanılarak süzme işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen örnek ortam sıcaklığında kurutulmuştur.

2.3. Adsorpsiyon Çalışmaları

Adsorpsiyon çalışmaları kitosan katkılamanın karbon nanotüpün adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisini belirlemek için orijinal karbon nanotüp ile de yürütülmüştür. 25 mL 10 mg/L Pb(II), Ca(II), Cd(II), Mg(II) iyonlarını içeren çözeltiye 0,016 g karbon nanotüp eklenip 24 saat oda sıcaklığında karıştırıcı üzerinde karıştırılmıştır. Süre tamamlanınca mavi bant süzgeç kağıdı kullanılarak karbon nanotüp karışımdan ayrılmıştır. Benzer şekilde kitosan katkılı karbon nanotüp adsorbent kullanılarak da adsorpsiyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Hem karbon nanotüpün hem de kitosan katkılı karbon nanotüp adsorbentlerin Pb(II), Ca(II), Cd(II) ve Mg(II) iyonlarını ne kadar tuttuğunu belirlemek için Alevli Atomik Adsorpsiyon Spektrometre (UNICAM 939 Model AAS) cihazı kullanılarak Pb(II), Ca(II), Cd(II) ve Mg(II) iyonlarının tayini gerçekleştirilmiştir.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Karbon nanotüp ve kitosan katkılı karbon nanotüp adsorbentlerin Pb(II), Ca(II), Cd(II) ve Mg(II) iyonlarını adsorplama kapasiteleri araştırılmış ve Pb(II), Ca(II), Cd(II) ve Mg(II) iyonlarının tayini AAS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için ilk olarak derişimi bilinen standart çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorbans değerleri okunmuştur. Daha sonra karbon nanotüp ve kitosan katkılı karbon nanotüp adsorbent'ler ile 24 saat karıştırma neticesinde elde ettiğimiz süzütünün absorbans değerleri okunmuştur. Karbon nanotüp ve kitosan katkılı karbon nanotüp adsorbentler için elde edilen kalibrasyon grafiklerinin denklemleri ve R^2 değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Karbon nanotüp ve kitosan katkılı karbon nanotüp ile elde edilen kalibrasyon grafiklerinin denklem ve R^2 değerleri

	İyonlar	Denklem	R^2
Karbon nanotüp	Pb(II)	$y = 0,0097x + 0,0017$	1
	Ca(II)	$y = 0,003x + 0,005$	0,9994
	Cd(II)	$y = 0,0483x + 0,0099$	0,9937
	Mg(II)	$y = 0,0553x + 0,0236$	0,9968
Kitosan katkılı karbon nanotüp	Pb(II)	$y = 0,0122x - 0,0148$	0,9985
	Ca(II)	$y = 0,0065x - 0,0095$	0,999
	Cd(II)	$y = 0,0452x + 0,0082$	0,9991
	Mg(II)	$y = 0,0606x + 0,0317$	0,9995

Kalibrasyon grafiklerinin denklemleri kullanılarak karbon nanotüp ve kitosan katkılı karbon nanotüp adsorbent'ler ile elde edilen süzüntülerdeki Pb(II), Ca(II), Cd(II) ve Mg(II) iyonlarının miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, karbon nanotüp ve kitosan katkılı

karbon nanotüp adsorbent'lerin çözeltilere konulan 10 mg/L Pb(II) iyonlarının hepsini adsorpladıkları görülmesine rağmen her iki adsorbentin Ca(II) ve Mg(II) iyonlarını adsorplamadığı ve süzültüde 10 mg/L Ca(II) ve Mg(II) iyonlarının olduğu tespit edilmiştir. 10 mg/L Cd(II) çözeltisinin karbon nanotüp ile adsorpsiyonu sonrası 2,7 mg/L'si tutunmuşken, kitosan katkılı karbon nanotüp ile 4,8 mg/L'si tutunmuştur. Bu davranış Cd(II) için kitosan katkılamanın karbon nanotüpün adsorpsiyon kapasitesini artırdığını göstermiştir. Bu sonuç bizim için istenen bir sonuç olup çalışılan Pb(II), Ca(II), Cd(II) ve Mg(II) iyonlarının haricinde diğer iyonlarla çalışılması durumunda bu yöntem ile daha iyi adsorpsiyon verimlerinin de elde edilebileceği düşünülmektedir.

4. Referanslar

- Chen, W., Duan, L. & Zhu, D. (2007). *Environ Sci Technol*, 41, 8295.
- Chiou, M. S., Ho, P. Y. & Li, H. Y. (2004). *Dyes Pigments*, 60, 69.
- Cobbina, S. J., Duwieujuah, A. B., Quansah, R., Obiri, S. & Bakobie N.(2015). *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12, 10620-10634.
- Crini, G. & Badot, P. M. (2008). *Prog Polym Sci*, 33, 399.
- Doorn, S. K., Fields, R. E., Hu, H., Hamon, M. A., Haddon, R. C., Selegue, J. P. & Majidi, V. (2002). *J Am Chem Soc*, 124, 3169.
- Hao, C., Ding, L., Zhang, X. & Ju, H. (2007). *Anal Chem*, 79, 4442.
- Hong, C., You, Y. & Pan, C. (2006). *Polymer*, 47, 4300.
- Islam, M. F., Rojas, E., Bergey, D. M., Johnson, A. T. & Yodh, A. G. (2003). *Nano Lett*, 3, 269.
- Kim, T. Y. & Cho, S. Y. (2005). *Korean J Chem Eng*, 22, 691.
- Kuo, C. (2009). *Desalination*, 249, 781.
- Lemos, V. A. & De Carvalho, A. L. (2010). *Environ. Model. Assess.* 171, 1-4, 255–265.
- Iijima, S. (1991). *Nature*, 354, 56.
- Liu, Y., Chen, W. & Chang, Y. (2009). *Carbohydr Polym*, 76, 232.
- Long, Q. R. & Yang, R. T. (2001). *J Am Chem Soc*, 123, 2058.
- Lu, C., Chiu, H. & Liu, C. (2006). *Ind Eng Chem Res*, 45, 2850.

- Merkel, T. C., Freeman, B. D., Spontak, R. J., He, Z., Pinnau, I., Meakin, P. & Hill, A. (2002). *J. Science*, 296, 519.
- Moulton, S. E., Minett, A. I., Murphy, R., Ryan, K. P., McCarthy, D., Coleman, J. N., Blau, W. J. & Wallace, G. G. (2005). *Carbon*, 43, 1879.
- Mourya, V. K. & Inamdar, N. N. (2008). *React Funct Polym*, 68, 1013.
- Qin, S., Qin, D., Ford, W. T., Resasco, D. E. & Herrera, J. E. (2004). *J Am Chem Soc*, 126, 170.
- Rao, G. P., Lu, C. & Su, F. (2007). *Sep Purif Technol*, 58, 224.
- Shawky, H. A., El-Sayed, M. H., El-Hag Ali, A. & Abdel Mottaleb, M. S. (2006). *J Appl Polym Sci*, 100, 3966.
- Shawky, H. A. (2009). *J Appl Polym Sci*, 114, 2608.
- Shawky, H. A., El-Aassar, A. H. M. & Abo-Zeid, D. E. (2012). *J Appl Polym Sci*, 125, E93.
- Wang, Y. C., Fan, S. C., Lee, K. R., Li, C. L., Huang, S. H., Tsai, H. A. & Lai, J. Y. (2004). *J Membr Sci*, 239, 219.
- Wang, L. & Wang, A. (2007). *J Chem Technol Biotechnol*, 82, 711.
- Wu, C. H. (2007). *J Hazard Mater*, 144, 93.
- Zhong, J., Wen, W.-Y. & Jones, A. A. (2003). *Macromolecules*, 36, 6430.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 23



**Biyosensörlerin Gıda Endüstrisinde Kullanımı
(Büşra Kavasoglu, Hülya Şen Arslan, Cemalettin
Sarıçoban)**

Biyosensörlerin Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Büşra Kavasoglu¹, Hülya Şen Arslan², Cemalettin Sarıçoban³

¹*Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü*

²*Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü E-mail:hsenarlan@kmu.edu.tr*

³*Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
E-mail:cscoban@selcuk.edu.tr*

1. Giriş

Gıdalar büyüme, sağlık, memnuniyet, keyif ve tatmin edici sosyal ihtiyaçlar için insanlar tarafından tüketilen ham, işlenmiş veya formüle edilmiş materyallerdir. Gıdaların korunması, gıdaları istenen özellik veya nitelikte tutmanın bir eylemi veya yöntemidir. Gıdaları işleme, depolama ve dağıtım aşamaları gıda özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle, gıda işlemede her bir koruma yönteminin etkileri ve kullanımı gıda üzerindeki etkilerinin anlaşılması, güvenli gıdaya ulaşılmasında kritik öneme sahiptir (Rahman, 2007).

Gıda üreticileri tüketicilerin bilinçli satın alma kararlılıklarını gerçekleştirmek için modern tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamak zorundadır ve onların tercihleri yüksek kaliteli gıda ürünleri ve makul fiyattır ve aynı zamanda, yüksek kalite standartlarında güvenilir ürünlerin teminini sağlamak zorundadır (Baiano, 2017). Endüstriyel ürünlerin ana özelliklerinin muhafazası ve garantisine uygunluğu büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Gıda kalitesi ve tazeliğinin kontrolü hem tüketici hem de gıda endüstrisi için artan bir ilgi görmektedir (Wagner ve Guilbault, 1994). Gıda kalitesi ve güvenliği, gıdaların gıda kaynaklı hastalıkları önleyecek şekilde ambalajlanması, hazırlanması ve depolanmasını içerir (Fan ve ark., 2008).

Gıda kaynaklı hastalıklara, bakteriler, virüsler ve parazitlerin bulaştığı yiyecek veya içeceklerin tüketilmesi neden olmaktadır. Bu organizmaların çoğunun hem hayvanlar hem de insanlar üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır, bu da gıda endüstrisine ve dolaylı olarak tüketiciye, milyonlarca dolara, bunların analiz ve kontrolüne mal olmaktadır (Leonard ve ark., 2003). Veteriner ilaçları ve özellikle antibiyotikler, pazarlama öncesi onay alındıktan sonra gıda ve yem ürünlerinde kullanılmaya yetkili kimyasallardır. Antibiyotik kalıntıları hayvan ve insan sağlığı için risk oluşturabilir. Örneğin, antimikrobiyal direncin ortaya çıkışı ve yayılması ciddi sorunlara neden olabilir. Bu antibiyotik direnci, insan ve hayvan sağlığı için bir tehdit oluşturan standart antimikrobiyal tedavilere dirençli hale gelen diğer mikrobiyal popülasyonlara ve bulaşıcı hastalıklara yayılabilir

(Pletinckx ve ark., 2013; Sapkota ve ark., 2008). Çoğu pestisit yüksek suda çözünürlüğü, yüksek toksisite seviyesi ve tarımda kullanımları nedeniyle, bu kirleticilerin kalıntı analizi için oldukça hassas ve seçici yöntemler geliştirmek için yüksek talep vardır (Valdés ve ark., 2009). Pestisitler asetilkolin esteraz enziminin inhibisyonu için kullanılan kimyasallar olduklarından, pestisit analizi için tasarlanan biyosensörlerin ölçüm yöntemi yine aynı mekanizma kullanılarak tasarlanmaktadır. Tanıyıcı tabakada kullanılan asetilkolin esteraz enzimi, pestisit varlığında inhibe olacağından, enzim aktivitesindeki azalma pestisit derişiminin nicel olarak belirlenmesine olanak tanımaktadır (Audrey, 2012).

Gıda endüstrisinde, bir ürünün kalitesi periyodik kimyasal ve mikrobiyolojik analizler aracılığıyla değerlendirilir. Bu prosedürler geleneksel olarak kromatografi, spektrofotometri, elektroforez, titrasyon gibi teknikler kullanır (Wagner ve Guilbault, 1994). Gıda kalitesi mevzuatına ilişkin ana esaslar son kullanıcıların uyması ile eşleşen, enstrümantasyon ve bilimsel endüstriler sürekli bir gelişimle ve analitik metotların gelişmesi ile yanıt vermektedir. Analitik metotların çoğunda, tüm literatür boyunca elde edilen uygulamanın yaygın bir dizisi aracılığıyla şahit olduğu için sıvı kromatografisi gıda analizlerinin büyük bir çoğunluğunda önemli bir role sahiptir (Verdu ve ark., 2013; Cacciola ve ark., 2017). Ancak kromatografik analiz genellikle özenle hazırlanan numunelerin zorluklarıyla ve homojenizasyon, temizleme ve daha sonra uygulanabilir konsantrasyonlarda deneyin analitik bileşenine karar vermek için kısıtlandırılır (Sun ve ark., 2012). Sonuç olarak hatalı sonuç ve hatalı tanımla sonuçlanabilen matris ekstraktlarındaki parazitlerin sayısı nedeniyle doğru bir sonuç vermek için birçok numuneye ihtiyaç duyulmasından dolayı işlem genellikle defalarca tekrarlanması gerekir (Frenich ve ark., 2004). Ek olarak, HPLC analizi için kapsamlı kurulum ve özütünü çıkarma/temizleme işlemleri gerekirken, kontaminantın tanımlanmasında uzun süreli gecikmelere neden olabilir (Alshannaq ve Yu, 2017). Bu oldukça ağır zaman gereksinimi, HPLC yöntemlerini, kısa raf ömrü göz önüne alındığında, tipik olarak kısa sürede tüketilen “taze gıdalar” için uygun hale getirmez. Bir kontaminant tespit edildiğinde, birçok bireyin maruz kalması mümkündür, bu da kontaminasyon olasılığını artırmaktadır (Yeni ve ark., 2014; Vålmaa ve ark., 2015). Bu yöntemler, yüksek yatırım ve işletme maliyetine sahip olmakla birlikte, belirli bir uzmanlık gerektiren, zaman alıcı yöntemler olmalarına rağmen güvenilir ve oldukça hassasdırlar (Pividori ve Alegret, 2010). Gelişmiş araştırma ve kalite kontrol laboratuvarları yüksek maliyetli yatırımların yapılması ile daha önceden değinilen imkânlarla erişimde sorun yaşamazken, endüstriyel uygulamalar söz konusu olduğunda ise cihaz ve uzman için yatırım yapılması her zaman imkanlar dahilinde olamamaktadır. Başka bir ifade ile gıda endüstride kullanılmakta olan analiz yöntemlerinin kişisel bir beceri gerektirmeyen ve taşınabilme imkânı olan cihazlarla çok kısa bir

sürede yapılabilmesi istenmektedir. Bununla birlikte küçük ve orta ölçekli işletmeler de göz önünde bulundurulduğunda analiz yatırım ve işletme maliyetleri gittikçe önemi artan bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadırlar. İşletmelerin de istek ve bu özel durumları ve de günümüz koşulları da göz önünde bulundurulduğu taktirde hızlı, güvenilir, erişilebilir, düşük maliyetli, uzmanlık gerektirmeyen analiz yöntemlerinin kullanılmasını zorunlu hale gelmektedir (Pividori ve Alegret, 2010; Pilolli ve ark., 2013).

Bu nedenle, konvansiyonel analiz yöntemlerinin tamamlayıcısı ve bazen de alternatifi olacak hızlı ve yenilikçi analiz yöntemlerinin geliştirilmesi/ iyileştirilmesi gün geçtikçe önemini artırır hale gelmiştir. Bahsedilen hızlı ve yenilikçi analiz yöntemleri, nükleik asit ve protein tabanlı yöntemler olarak iki grup altında toplanabilmektedir. Nükleik asit tabanlı yöntemler; polimeraz zincir reaksiyonu (Polymerase Chain Reaction, PCR) ve izotermal amplifikasyon (Loop Mediated Isothermal Amplification, LAMP) stratejileri yer almaktadır. Protein tabanlı yöntemler ise ELISA (Enzyme Linked Immunoassay) ve ELISA yönteminin bir modeli olan yanıl akış (Lateral Flow) sistemlerini de içermektedir. Yukarıda bahsedilmiş olan tüm yöntemler kullanılarak geliştirilmiş olan biyosensör ve biyoanaliz sistemleri, minyatür laboratuvarlar (Lab-on-a-chip, LOC) ve mikro bütüncül analiz sistemleri (Micro Total Analysis Systems, μ TAS) ise hızlı ve yenilikçi analiz sistemleri olarak adlandırılabilir. Bu sistemler, üretim ve ölçüm sistematiği açısından bakıldığında tamamı biyosensör ve biyoanaliz yöntemleri başlığı altında toplanmakta ve prensip olarak birbirilerinden çok ayrı olmadıkları görülmektedir. Yöntemler arasındaki farklılıklar ölçüm yönteminden daha ayrı olarak mimari yapıları ve üretim teknolojilerinden oluşmaktadır (Baş ve Deniz, 2015).

Biyoanaliz; hedef molekülün analizinde biyolojik etkileşimlerin veya biyokimyasal süreçlerin rol oynadığı, hedef veya tanıyıcı molekülden en az birinin biyolojik bir molekül olduğu ve görüntüleme sistemleri de dâhil olmak üzere geniş bir alanda incelenebilecek ölçüm ve analiz yöntemleri için kullanılan geniş bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyosensör ise herhangi bir biyoanaliz yönteminin bir ara yüz aracılığı ile fizikokimyasal bir dönüştürücüye birleştirilmiş olan ve çoğunlukla kompakt bir mimariye sahip analitik cihaz olarak karşımıza çıkmaktadır (Turner, 2000).

2. Su ve Su Ürünlerinde Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Su ürünleri, şu anda 50 milyar dolardan fazla değere sahip olan ve tüketici menfaatlerinin arttığını gösteren önemli bir uluslararası ticaret kalemidir. Son birkaç yıldır, dünya çapında balık üretimi yaklaşık 120 milyon kat artmıştır ve bu da tüketici ihtiyacını karşılamak için yeterli değildir. Artan talebi karşılamak için, seçilen balık ve kabuklu deniz hayvanı türlerinin su ürünleri yetiştiriciliği büyümekte ve toplam balık bulunabilirliğinin yaklaşık %20'sine

katkıda bulunmaktadır. Diğer hayvansal ürünlerin aksine, tür, cinsiyet, yaş, habitatlar ve otolitik enzimlerin yanı sıra balık kası üzerindeki mikroorganizmaların hidrolitik enzimlerindeki değişiklikler nedeniyle balık kalitesinin kontrol edilmesi daha zordur. Su ürünleri yetiştiriciliği operasyonları, pH, biyokimyasal oksijen talebi (BOİ), tuzluluk, fitoplankton varlığı, vb. gibi su kalitesinin hassas bir şekilde kontrol edilmesini ve balık türlerinin optimal verimi için uygun yem formülasyonlarının kullanılmasını gerektirir. Su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarındaki değişikliklerin yanı sıra çevre kirliliği olasılığı da su ürünleri yetiştiriciliği yapılan balıkların kalitesinde önemli farklılıklara yol açmaktadır. Su ürünleri de hastalığa neden olan mikroorganizmalar gibi sağlık tehlikelerinin taşıyıcıları olarak kabul edilmiştir. Yüksek seviyelerdeki (100 g balık başına > 50 mg) histamin varlığı, uskumru gibi balıkların tüketilmesiyle gıda zehirlenmesine neden olmuştur. Bu tehlikelerin birçoğu, göletlerin çevre kirliliği olasılığının yüksek olması nedeniyle su ürünleri açısından risk taşımaktadır. Artan talep ve tüketicileri gıda kaynaklı hastalıklara karşı koruma ihtiyacı, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi ve Avrupa Birliği gibi düzenleyici otoriteleri, ihracatla ticareti yapılan ülkelere işlenmiş balık ürünlerinin kalitesi ile ilgili sıkı kurallar getirmiştir. Bu ürünlerin kabul edilebilir kalitesinin sürdürülmesi ihtiyacı, hassas ve hızlı kalite değerlendirme araçlarının geliştirilmesini gerektirir (Venugopal, 2002).

Hipoksantini (Hx) yüksek hassasiyet ve seçicilikle saptamak için yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), spektrofotometrik, kemilüminesans, kılcal elektroforez ve elektrokimyasal yaklaşımlar gibi birçok klasik yöntem geliştirilmiştir (Boulieu ve ark., 1984; Zhang ve ark., 2004; Farkas ve ark., 2009; Jing ve ark., 2010; Lawal ve Adeloju, 2010; Farthing ve ark., 2011; Wang ve ark., 2011; Pu ve ark., 2014). Ancak bu yöntemlerin çoğunun, saha içi uygulamalarda kullanılması zor olan deneyleri gerçekleştirmek için nispeten pahalı ekipmanlara ve yetenekli kişilere ihtiyaç duymaktadır. Kolorimetrik algılama, basitlik, maliyet etkinliği ve görselleştirme avantajlarına sahip olduğundan dikkat çekmektedir. Uzun zaman önce yüksek seçiciliğe sahip Hx tayini için kolorimetrik yöntem geliştirilmiştir (Cunningham ve Keaveny, 1978). Ancak bu kolorimetrik sistemlerde sadece iki farklı renk sunulur ve Hx konsantrasyonu çıplak gözle okunması zor olan rengin yoğunluğu ile belirlenir. Dolayısıyla bu yöntemler sadece Hx'in kalitatif tespiti için kullanılabilir. Ayrıca, yerinde uygulanmasını sınırlayan Hx'in kantitatif tespiti için pahalı bir mikroparka okuyucu gereklidir (Chen ve ark., 2017).

Gıda endüstrileri alanında gıda tazeliğinin değerlendirilmesi önemlidir. Balık tazeliği kimyasal olarak değerlendirilmiş ve çiğ balık sınıfının yararlı indeksi olan K-değeri olarak ifade edilmiştir (Okuma ve ark., 1992). Ancak K-değeri yaklaşımı, numune hazırlanmasını ve çeşitli biyokimyasal maddeler

içeren kapsamlı sensör sistemini gerektirir çünkü K-değeri balık özü çözeltisinde, çeşitli biyokimyasal işlem ve reaktif ile inosin monofosfat (IMP) inosin (HxR) ve hipoksantin (Hx) konsantrasyonlarından hesaplanmıştır (Kaminishi ve ark., 2000; Hamada-Sato ve ark., 2002). Daha sonra balık pazarlarında, restoran mutfaklarında ve masalarda, yani insan kokusu duyusunun daha yüksek hassasiyetiyle çürümüş balık kokusunun koku değerlendirmesi gibi basit biyokimyasal reaksiyona sahip tahribatsız yöntemlerde yeni bir yaklaşım gereklidir. Trimetilamin (TMA), deniz ürünlerinde tipik ve yaygın balık kokusu maddesidir ve deniz canlılarında trimetilamin N-oksidin (TMAO) ayrışmasıyla üretilir (Nonaka ve ark., 1967; Ohta, 1981). Gerçek şu ki, taze deniz ürünleri az TMA içerir, ancak bir öncü madde olarak bol miktarda kokusuz trimetilamin N-oksit içerir (Tokunaga 1970a; Tokunaga 1970b).

TMA, TMAO'nun mikroorganizma tarafından ayrıştırılmasıyla üretilir ve ölümünden sonra deniz ürünlerinde konsantrasyonu hızla artar (Ohta, 1981; Kato ve Bull, 1970). Su ürünlerinde TMA ölçümünün balık tazeliğinin değerlendirilmesi için göstergelerden biri olduğu bildirilmiştir (taze: 0–1 mg / 100g, başlangıç bozulması: 1–5 mg/100g, çürüyen balık (çiğde görülmez): daha fazla 6 mg/100g) (Nonaka ve ark., 1967; Tozawa ve ark., 1970). Daha sonra TMA'nın balıklarda tazelik indeksi olması beklenir (Tozawa ve ark., 1970; Takao ve ark., 1988). Trimetilaminüri veya “balık kokusu sendromu”, kötü kokulu TMA'yı kokusuz N-oksidine dönüştürme yeteneğinin bozulması ile karakterize edilen bir insan bozukluğudur (Mitchell, 1996).

Taze balıkta biyojen amin içeriği çok düşüktür ve biyojen amin saptanması balığın bozulmasıyla ilişkilidir. Bu nedenle histamin, tiramin ve genelde tüm biyojen aminler özellikle balık ve balık ürünlerinde kalite belirleyici ve mikrobiyal bozulma indeksi olarak kullanılmaktadır (Veciana-Nogues ve ark., 1989; Vidal-Carou ve ark., 1990).

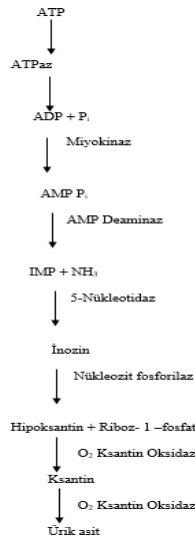
Balığın ölümünden sonra balık kaslarındaki ATP' nin otolitik yolla ürik aside indirgenmeye başlanması K değeri olarak ifade edilir (Şekil 3.1.). Gıda endüstrisinde balık tazeliğinin belirlenmesi için bu değer oranın belirlenmesi gereklidir (Volpe ve Mascini, 1995).

$$K \text{ Değeri}(\%) = \frac{(\text{İnozin} + \text{Hipoksantin}) * 100}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{İnozin} + \text{Hipoksantin} + \text{Ürik asit}}$$

Şekil 1. Yüzde cinsinden K değeri

K <20 içeren balıkların çok taze, 20 <K <40 içeren balıkların pişirilmesi ve K > 40 içeren balıkların insan tüketimi için uygun olmadığı gösterilmiştir (Ehira ve Uchiyama, 1973). ATP, ADP ve AMP, balığın ölümünden yaklaşık

24 saat sonra kaybolduğu için K değeri olarak tanımlanır (Watanabe ve Tanaka, 1990). Biyosensörler kullanılarak altı parametreden sadece üçünü ölçerek balık tazeliğini tahmin etmek mümkündür. IMP bozunmasının biyokimyasal yolları şunlardır. IMP, inozin ve hipoksantin, aşağıda belirtilen enzimlere bağlanmış oksijen veya hidrojen peroksit elektrotları kullanılarak uygun temel sensörler üzerinde immobilizasyonu ile hazırlanan biyosensör yardımıyla ve reaksiyon bileşenlerinin belirlenmesi yoluyla gerçekleşir (Şekil 3.2.) (Watanabe ve Tanaka, 1990). Reaksiyonun şematik gösterimi aşağıda yer almaktadır.



Şekil 2. Balıkların ölümünden hemen sonra, balık kasındaki ATP'nin otolitik yoldan ürik aside indirgenmesi

Yukarıdaki şekilde görülen enzimlerin uygun bir sistemde immobilizasyonu ve bir oksijen elektrodu ile kombinasyonu sonucu hazırlanan biyosensör yardımıyla balık tazeliği hakkında karar verilebilmektedir. Volpe ve Mascini (1995) yapmış oldukları çalışmada balık tazeliğinin belirlenmesi için bir yöntem, bir hidrojen peroksit elektroduna dayanan bir ksantin oksidaz probu ile K parametresi ölçülerek geliştirilmiştir. İnozin ve IMP konsantrasyonlarının ölçümü, çözeltiye nükleosid, 5'-nükleotidaz veya alkalin fosfataz ilavesiyle gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan prosedür hızlı ve basitti ve ayrıca biyosensör teknolojisi bir saha enstrümanı için sistemin minyatürleştirilmesine izin vermiştir.

Ghosh ve ark. (1998) yapmış oldukları çalışmada, balık tazeliğinin tespiti için bir biyosensör sistemi geliştirmiştir. Sistem balık dokusunda ATP'nin yıkımı ile oluşan hipoksantin (Hx), inozin (INO), ve inozinmonofosfat (IMP) metabolitlerinin kantitatif tayini esas alınarak geliştirilmiştir. Tazelik derecesi, balık dokusunda ATP'nin yıkımıyla oluşan ürün miktarına bağlı

olan K1 ve H değerinin indeksine bakılarak belirlenmiştir. Ferrosenkaboksilik asit (FCA) medyatörü kullanılarak hazırlanan polipirol filme ksantin oksidaz, nükleosid fosforilaz ve nükleotidaz enzimleri immobilize edilmiştir. Hazırlanan enzim elektrodla Hx, INO ve IMP'nin amperometrik ölçümleri etkili bir şekilde yapılmıştır. Bu basit, hızlı ve kullanıma hazır biyosensör ile bekletilmiş Catla Catla tatlı su balığının H değeri ölçülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki bozulma 7 gün sonunda -12 °C'de bile çok hızlı gerçekleşmektedir.

Balık ürünü, kolay bozulabilme dezavantajı olan ana deniz ürünlerinden biridir. Balık tazeliğini değerlendirmek için çeşitli indeksler ve çeşitli yöntemler geliştirilmiştir, ancak bunların çoğu karmaşıktır ve saha tespiti için uygulanamaz. Bu çalışmada, balıkların tazeliğini çıplak gözle değerlendirmek için altın nanorodların (GNR) aşınmasına dayanan basit, görsel ve ekonomik çok renkli bir biyosensör sunulmuştur. Hipoksantin (Hx) balık tazeliğinin endeksi olarak seçilir ve ksantin oksidaz (XOD) varlığında H₂O₂ üretmek için çözünmüş oksijen ile reaksiyona girer. Daha sonra GNR'ler Fe²⁺ varlığında H₂O₂ tarafından hızlı bir şekilde aşındırılır. Buna uygun olarak, GNR yüzey plazmon rezonansı (SPR) düzenlenir ve çıplak gözle kolayca ayırt edilebilen sistemin belirgin bir renk değişikliğine yol açar. Bu nedenle, balık örneklerindeki Hx konsantrasyonu çıplak gözle yarı kantitatif olarak analiz edilebilir. Önerilen çok renkli Hx sensörü, balık örneklerindeki Hx tespitine başarıyla uygulanmıştır (Chen ve ark., 2017).

Dolmacı (2009), balıkta ksantin ve hipoksantin tayini için yeni bir amperometrik biyosensör geliştirmiştir. Ksantin oksidaz, pirol ve polivinilsülfonat ile birlikte platin elektrot yüzeyine immobilize edilmiştir. Ksantin ve hipoksantin tayini, enzim yüzeyindeki enzimatik reaksiyon sonucu oluşan ürik asidin +0,30 V'da yükseltgenmesine dayanılarak yapılmıştır. Ksantin ve hipoksantin biyosensörünün cevabına pH'nın, sıcaklığın ve substrat derişiminin etkisi incelenmiştir. Enzim elektrotun hipoksantin için doğrusal çalışma aralığı 1,0x10⁻⁷ M -1,0x10⁻³ M, tayin sınırı 1,0x10⁻⁷ M olarak tespit edilmiştir. İmmobilize edilen ksantin oksidazın Km gözlenen ve Vmax gözlenen değerleri sırasıyla 0,0154 mM ve 1,202 µA/dakika olarak bulunmuştur. Enzim elektrodun en iyi çalışma pH'sı 7,75 ve sıcaklığın 25 °C olarak belirlenmiştir. 30 gün sonundaki amperometrik cevabın başlangıç değerinin %49'u olduğu görülmüştür. Balık numunelerinde, balık eti tazeliğini yitirdikçe hipoksantin miktarının arttığı gösterilmiştir.

Venugopal (2002) balık üretimi ve kalite kontrolü için kullanılan biyosensörleri araştırmış ve bu konuda bir makale hazırlamıştır. Balık eti üretimi yalnızca yiyecek bakımından değil, uluslararası ticaret ve ihracat geliri bakımından da ülkeler için önemlidir. Balık ve balık ürünleri dayanıksızdır ve balık türlerinin, çevresel koşullarının ve beslenme

şekillerinin farklı olmasından dolayı, kalite kontrolü de çok geniş bir çeşitliliğe sahiptir. Ayrıca bu ürünler, bazı mikrobiyal ve diğer yaşamsal tehlikeler için taşıyıcı olarak da fonksiyon gösterebilirler. Bu yüzden kalite kontrolü balık üretim ve ticaretinde büyük bir öneme haizdir. Mevcut kalite kontrol teknikleri kullanışsız ve zaman alıcıdır. Deniz ürünleri incelenmesinde biyosensör uygulamaları çok hızlı ve güvenilir sonuçlar vermektedir.

Niu ve Lee (2000) balık tazeliğini tespit edebilmek amacıyla hipoksantine duyarlı grafit-seramik amperometrik bir biyosensör hazırlamışlar ve üretmişlerdir. Üretim prosesi sol-gel teknikleri kullanılarak bir silika grafit matrikse ksantin oksidaz enziminin immobilizasyonu ve enzimle modifiye edilmiş matriksin basit bir mekanik cila ile kolaylıkla yenilenebilmesine imkân sağlayan yüzeye sahip bir disk elektrotla dönüştürülüp cam bir tüpe montajı ile yapılmıştır. Michaelis-Menten değerleri, medyatörsüz olarak hidrojenperoksitin indirgenmesine dayalı sistem, medyatörsüz direkt sistem ve benzil violojen medyatörlü sistem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuçlar sırası ile 0,45; 0,64; 0,35 mM olarak bulunmuştur. Sensör 1×10^{-6} M – 1×10^{-3} M derişim aralıklarında düzgün ve doğrusal bir akım artışı göstermiştir. pH=7,6 olan 0,05M fosfat tamponu ortamında her üç sistem için ölçüm sınırı sırasıyla; $1,3 \times 10^{-6}$ M, $5,6 \times 10^{-6}$ M ve $3,8 \times 10^{-7}$ M olarak tespit edilmiştir. Enzim immobilize edilmiş bölgenin kullanılması ve bu yüzeyin kolayca yenilenebilmesi, sensörün kullanımını kolaylaştırmış ve raf ömrünü uzatmıştır. Çeşitli şartlarda bekletilmiş balık numuneleri ile yapılmış denemelerden elde edilen sonuçların memnuniyet verici olduğu belirtilmiştir.

Qiong ve arkadaşları (1998) ksantin oksidaz içeren çift yüzeyli bir elektrot hazırlamışlar ve balık tazeliğinin tespitini rapor etmişlerdir. Modifiye edilen elektrot yüzeyine iki adet membran yapılmıştır. Bunlar; enzim immobilize edilmiş fibroin esaslı membran ve proteinler gibi yüksek molekül kütlesine sahip bileşiklerden kaynaklanabilecek girişimleri engelleyen selüloz asetat membrandan oluşmaktadır. Biyosensör, enzimatik reaksiyon sonucu oluşan hidrojen peroksitin ölçümünü esas almaktadır. Sensör yüksek hassasiyet ve balık numunelerine karşı yüksek tekrarlanabilirlik göstermiştir. Sensörün tespit edebildiği minimum hipoksantin miktarı, 1×10^{-7} M Selüloz asetat membranın enzimi muhafaza etmesinden dolayı, enzim elektrot 6 haftalık bir raf ömrü ve gerçek numunelere karşı 400 ölçümlük bir tekrarlanabilirlik göstermiştir. Sonuçların oldukça iyi ve biyosensör bazı nehir balık türlerinin tazeliğinin tespiti için ticari öneme haiz olduğunu belirtmiştir.

3. Et ve Et Ürünlerinde Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Çeşitli mikroorganizmaların sığır ve sığır ürünlerine kontamine olduğu bilinmektedir. Kontaminasyona, işleme sırasında çevre, hayvanın kendisi

veya insan teması dahil olmak üzere bir dizi kaynaktan kaynaklanabilir. Enterokoklar, koliformlar ve *Pseudomonas* gibi bu organizmaların çoğu genellikle insanlar için zararsızdır. Bununla birlikte, *Escherichia coli* O157: H7 gibi bazı sığır eti kontaminantları bilinen insan patojenleridir. *E. coli* O157: H7 kaynaklı hastalık salgınlarmın çoğunda rol oynamaktadır (Griffin ve Tauxe, 1991). *E. coli* O157: H7' nin Kuzey Amerika'da ki kıyma örneklerinden izolasyon oranları 0'dan %3.7'ye kadar değişmiştir (Bennet ve ark., 1995). *E. coli* O157: H7, hemorajik kolit ve hemolitik üremik sendrom ve trombotik trombositopenik purpura gibi daha ciddi sendromlar dahil olmak üzere çok çeşitli hastalıklar üretebilir (Griffin ve Tauxe, 1991; MacDonald ve Osterholm, 1993; Tarr, 1995). Biyosensörler, hızlı, hassas ve çok yönlü gerçek zamanlı mikrobiyal algılama sistemlerine olan ihtiyacı karşılamak için büyük potansiyele sahip yeni ve benzersiz bir teknolojiyi temsil eder. Fiber optik dalga biyosensörünün unutulmuş ilk versiyonları, *Yersinia pestis*' in fraksiyon 1 antijeni, *Clostridium botulinum* toksin A, psödomin ve risin toksini, trinitrotoluen (TNT) ve polimeraz zincir reaksiyonu ile çoğaltılmış DNA dahil olmak üzere çok çeşitli molekülleri saptamak için kullanılmıştır (Ogert ve ark., 1992; Ogert ve ark., 1993; Cao, ve ark., 1995; Shriver-Lake ve ark., 1994; Mauro ve ark., 1996). Fiber probalar için çift koniklik kullanımı ve taşınabilir bir cihazın imalatı da dahil olmak üzere biyosensör teknolojisindeki son gelişmeler, bu tespit sisteminin hassasiyetini ve kullanılabilirliğini önemli ölçüde artırmıştır. Bu yeni, taşınabilir sistem *Stafilokokal enterotoksin B*'yi ve son olarak *D-dimeri* tespit etmek için başarıyla kullanılmıştır (Golden ve ark., 1997; Shriver-Lake ve ark., 1998; Rowe ve ark., 1998).

Daniel ve ark. (1999) yapmış oldukları çalışmada tohumlanmış kıyma örneklerinde *Escherichia coli* O157: H7'yi saptamak için taşınabilir bir fiber optik biyosensör kullanmışlardır. Sistemin prensibi, spesifik bir floresan sinyalinin üretilmesi için siyanin 5 boya etiketli poliklonal anti-*E. coli* O157: H7 antikorları kullanılarak bir sandviç immünolojik testidir. Sinyal alımı, 635-nm diyot lazerden çift konik 600-mm silika lifi içine ışık verilerek gerçekleştirilir. Fiber yüzeyinin yaklaşık 100 nm' sindeki flüoresan moleküller kaybolan alan tarafından uyarılır ve emisyonun bir kısmı fibere geri döner. Bir fotodiyot, toplanan emisyon ışığının 670 ila 710 nm dalga boylarında nicelleştirilmesine izin verir. Biyotin-avidin etkileşimleri, *E. coli* O157: H7'ye özgü poliklonal antikorları fiber probun son 7.5 cm'sine bağlamak için kullanılır. Biyosensör, tohumlanmış öğütülmüş sığır eti örneklerinde *E. coli* O157: H7 3 ila 30 kob/ml tespit edebildi. Reaksiyon oldukça belirgindi. *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* veya *E. coli*' nin O157: H7 suşuna sahip olmayan sinyaller, benzer bir *E. coli* O157: H7 konsantrasyonu ile gözlemlenenlerin %2 ila %3'ü idi. Deneyler, gerçek zamanlı veya yakın zamanda gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar, örneklemenin 20 dakikası içinde elde edilmiştir. Biyosensörün kullanımı kolaydır ve 15

dakikadan daha kısa bir sürede kurulabilir ve mikrobiyoloji konusunda kapsamlı bir eğitim almamış kişiler tarafından çalıştırılabilir. Biyosensör ayrıca hassas, spesifik ve hızlıdır ve gerçek zamanlı algılamaya izin verir. Bir dizüstü bilgisayarla, biyosensör de taşınabilir, örneklerin yerinde analizine izin verir, bu da denetçilerin genellikle denetimler için çok çeşitli yerlere gitmesi gereken gıda mikrobiyolojisinde önemli bir husustur.

Liu ve ark., (2002) kıyma, tavuk karkası ve marul örneklerine aşıl原因 *Escherichia coli* O157: H7'nin hızlı tespitindeki kullanışlılığı biyosensör açısından değerlendirildi. Biyosensör, bir kemilüminesans reaksiyon hücresi, bir fiber optik ışık kılavuzu ve immünomagnetik ayırma ile birlikte kişisel bir bilgisayara bağlı bir luminometreden oluşuyordu. İmmunomanyetik ayırma ile birlikte kemilüminesans biyosensörü, kıyma, tavuk karkas ve sebze örneklerinde *E. coli* O157: H7'yi tespit etmek için başarıyla kullanılmıştır. Biyosensör, farklı örnek türlerinde *E. coli* O157: H7'yi tespit etmek için kullanıldığında diğer üç bakteriden araya giren olmadı ve güçlü bir seçicilik gösterdi. 1.5 saatlik saptama süresi, 10^2 kob/ml saptama limiti ve 10^2 ila 10^5 kob/ml çalışma aralığı, zenginleştirme olmaksızın bu farklı örnek tipleri ile değerlendirildi. Bu biyosensing yöntemi, gıda örneklerinde ELISA ve PCR yöntemleriyle (4 ila 7 saat arası) karşılaştırıldığında *E. coli* O157: H7'yi hızlı bir şekilde tespit edebilir. Biyosensör ELISA'dan (10^4 ila 10^5 kob/ml) (2, 10) daha duyarlıydı ve duyarlılığı PCR' a (ml başına 10^1 ila 10^2 hücre) benzerdi (Gooding ve Choudary, 1997; Sharma ve ark., 1999). Duyarlılık seviyesi en azından numunelerin zenginleştirilmesini gerektirmeyen (10^2 , 10^4 kob/ml) rapor edilen birkaç sensörünki kadar yüksekti (Kricka, 1997; Gehring ve ark., 1998; Abdel-Hamid ve ark., 1999). Bu çalışmanın sonuçları, immunomanyetik ayırma ile kemilüminesans biyosensörünün gıda örneklerinde *E. coli* O157: H7'nin saptanması için hızlı, basit ve kompakt bir araç olarak potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

4. Tahıl ve Tahıl Ürünlerinde Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Mikotoksinler, mantarlar tarafından üretilen ve hasattan önce veya depolama sırasında tarım ürünlerinde sıklıkla büyüyen toksik ikincil metabolitlerdir. Bu metabolitlerin insanlarda ve sıcakkanlı hayvanlarda toksik etkisi mikotoksikoz adı verilen bir hastalıktır. 300'den fazla mikotoksin vardır, ancak sadece küçük bir sayı pratikte önemlidir. Bu grupta en yaygın olarak bilinen aflatoksinlerdir (*Aspergillus flavus* tarafından üretilen aflatoksin B1, B2, G1 ve G2). *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsi başka bir mikotoksin grubu üretir: yüksek derecede toksik okratoksin A dahil okratoksinlerdir. Okratoksin A (OTA), aflatoksinler, trikotekenler (örn., Deoksinivalenol ve T-2 toksini), fumonisinler, zearalenon ve ergot alkaloidleri bulunur. OTA, *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsinin çeşitli türleri tarafından üretilir ve tahılların (örn., Buğday, arpa, mısır, yulaf ve çavdar) en

savunmasız olduğu çeşitli gıda ürünlerinde oluşur. OTA ayrıca kahve, kuru meyveler, üzüm suyu, şarap, bira, domuz böbrekleri ve kanda bulunur Tremorojenik mikotoksinler, Penicillium cinsinden bazı suşlar tarafından üretilir. Fusarium cinsine dahil olan mantarlar mikotoksinlerin trikoteken grubunu üretebilir. T2, nivalenol ve deoksinivalenol gibi iyi bilinen toksinler bu grubun üyeleridir. Mikotoksinler, gıda endüstrisinde, özellikle fındık, yer fıstığı ve mısırın işlendiği yüksek bir sağlık riskini temsil eder (Stark, 2005; Paterson, 2006).

Mikotoksin kontaminasyonu genellikle nanogramdan mikrograma kadar gıda maddelerinin gramı kadar az miktarda bulunur. Bu nedenle, tespit ve tanımlama son derece hassas bir teknik gerektirir. OTA analizi için geleneksel yöntemler esas olarak ince tabaka kromatografisi (TLC), gaz kromatografisi ve yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) gibi kromatografik tekniklerdir (Silvia ve Maragos, 1998; Shephard ve ark., 2003). İmmünoafinite sütunları ve floresans tespiti ile HPLC, bu analitik yöntem sınıfına üstünlük kurmuştur (Scott ve Truckness, 1997). Kromatografik yöntemler genellikle ekstraksiyon, kapsamlı numune temizliği, ön konsantrasyon ve bazen analitin türevlendirilmesi dahil olmak üzere tespit edilmeden önce birçok adım gerektirir. Bu tür numune analizi sadece zaman alıcı ve maliyetli hale getirmekle kalmaz, aynı zamanda eğitilmiş personel de gerektirir. Kimyasal analiz yöntemleri ile karşılaşılan sınırlamaları aşmak için immünojenik test yöntemleri geliştirilmiştir. Bu tekniklerin immünojenik temeli, onları oldukça spesifik hale getirir ve bu nedenle, numune temizliğine daha az bağımlı hale gelir (Chu, 1996; Kwak ve Shon, 2000). Şimdiye kadar, enzim bağli immünozorban deneyi (ELISA) yöntemleri, çoklu numunelerin paralel analiz kabiliyeti nedeniyle OTA analizinde kullanılan en yaygın immünoanaliz tekniğidir. Geleneksel ELISA yöntemlerinin sonuç alması birkaç saat sürse de, hızlı ELISA' lar ticari olarak kullanılabilir hale gelmektedir. Böyle bir ELISA testi, numune ekstraksiyonundan hemen sonra gerektiren rekabetçi bir ELISA olan Veratox'dur. Hızlı mikotoksin analizi için yüzey plazmon rezonansına, fiber optiklere ve mikro boncuk bazlı deneylere dayanan yeni immünosensör cihazları da kullanılmıştır (Maragos ve Thompson, 1999; Van der Gaag ve ark., 2003).

2000 yılında Daly ve ark. rekabetçi inhibisyon immünoanalizine dayalı olarak AFB1'i tespit etmek için ticari SPR sensörü Biacore 1000 kullanılır. Bu çalışmada AFB1, BSA'ya konjüge edildi ve amin birleştirme kimyası yöntemi kullanılarak dekstran jel yüzeyi üzerinde hareketsizleştirildi. AFB1 ve AFB1 poliklonal antikorun karışımı, SPR sensör çipine enjekte edildi. Testin kantifikasyon limiti 3 ng/mL idi ve testin doğrusal tekrar aralığı 3,0-98,0 ng/mL idi ve iyi tekrarlanabilirlik sağlandı. Çip yüzeyinin yenilenmesi SPR biyosensörü için önemlidir, çünkü çeşitli analitik numunelerin seri

tayininde aynı sensör platformunun döngüsel kullanımı sensör sistemini daha uygun maliyetli ve daha az zaman alıcı hale getirecektir. Bu tahlilde, yıkama maddesi olarak etanolamin ve asetonitrilden (pH 12.0) oluşan organik bir çözelti kullanıldı (Li ve ark., 2012).

1998 yılında, Mullett ve ark. alkollü örneklerde FB1'i saptamak için bir SPR immünosensörü kullandı (Mullett ve ark., 1998). SPR ile mikotoksin ilk kez tespit edilir. FB1'e karşı üretilen poliklonal antikorları Kretschmann konfigürasyonunda bir prizma ile birleştirilen ince bir altın film üzerine sabitledi. Sensör çipine FB1 içeren bir numune enjekte edildiğinde, yansıyan ışığın yoğunluğu değişmiştir. Belirli bir açıda, yansıyan ışığın yoğunluğundaki kaymalar FB1 konsantrasyonu ile orantılıydı. Antikorların üst katmanının optimizasyonundan sonra, 10 dakika içinde doğrudan deney için 50 ng/mL'lik bir LOD elde edildi. Çoklu mikotoksin analizi sırasında (Van der Gaag ve ark., 2003) FB1, SPR'ye dayalı inhibitör bir immünolojik testle 50 ng/g LOD değerine sahiptir.

5. Zeytinyağında Biyosensör Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Fenolik bileşikler doğal antioksidanlardır ve sızma zeytinyağının kalitesini değerlendirmek için dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir, çünkü kısmen oto-oksidasyon kararlılığı ve organoleptik özelliklerinden sorumludurlar (Robards ve Antolovich, 1997; Ryan ve Robards, 1998; Robards ve ark., 1999). Fenolik içerik, oksidasyon seviyesi (peroksit sayıları veya UV'ye özgü absorbans ile izlenir) veya serbest yağ asiditesi gibi birçok kalite parametresi ile ilişkilidir. Serbest yağ asitleri, lipaz aktivitesi derecesinin bir indeksini sağlar ve yağda istenmeyen aromalar üretebilir; yüksek bir serbest yağ asidi içeriği değeri, yüksek derecede lipaz aktivitesini ve dolayısıyla azalmış antioksidan içeriğini gösterir. Ayrıca, oksidasyon seviyesi, yağın bileşimine ve dolayısıyla doymamışlık derecesine ve fenoller gibi antioksidanların varlığına bağlıdır (Robards ve Antolovich, 1997; Robards ve ark., 1999).

Sızma zeytinyağının fenolik içeriği, çeşit, yer, olgunluk derecesi, zeytin meyvelerinin depolanma koşulları ve kullanılan yağ çıkarma prosedürünün türü ve zeytinyağı depolama koşullarından etkilenir (Cinquanta ve ark., 1997; Ranalli ve ark., 1997; Esti ve ark., 1998). Zeytinyağındaki glikozidik ve flavonoid bileşiklerinin içeriğinde zeytin posasına kıyasla bir azalma olduğu bilinmektedir. Bu azalma, yağ çıkarma işleminden kaynaklanan yağ ekstraksiyonunun bir sonucu olarak glikozidik modifikasyon veya bozulmaya atfedilebilir (Ryan ve Robards, 1998).

Dolayısıyla, zeytinyağının polifenol içeriği son derece önemlidir, bu nedenle yeterli güvenilirlik düzeyine ulaşmış analitik yöntemlere ilgi ve genellikle analitik bir yöntem için beklenen hız, doğruluk ve kesinlik gereksinimlerine tam olarak cevap verebilir. Genel olarak, toplam polifenol

içeriğinin belirlenmesi spektrofotometrik veya kromatografik yöntemlerle gerçekleştirilir; son yıllarda yerinde de kullanılabilecek yöntemler geliştirmek amacıyla sulu çözeltilerdeki fenoller belirmek için çeşitli biyosensörler geliştirilmiştir (Montedoro ve ark., 1992; Camponella ve ark., 1993; Lingdren ve ark 1996; Camponella ve ark,1999).

Bu konu üzerinde yapılan bir çalışmada değişen depolama süreci ve depolama şartlarıyla ekstra-virgin zeytinyağının fenolik içeriğinin değerlendirilmesinde farklı teknikler kıyaslanmıştır. Tek kullanımlık bir screen-printed sensörü (SPE) bir glisin tamponuyla ekstraksiyonun ardından fenolik fraksiyonlarını belirlemek için farklılık gösteren pulse voltametriyle (DPV) birleştirilmiştir; DPV parametreleri referans bileşiği olarak kullanılmış olan oleuropeinin oksidasyon piklerini incelemek için seçilmiştir. Oleuropeinin kalibrasyon eğrisi glisin tamponunda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca organik çözüge (hegzan) etkinlik gösteren bir tirozinaz duyar biyosensörü, transduser olarak amperometrik bir oksijen elektrodunun kullanılmasıyla kurulmuştur. Kalibrasyon eğrileri substrat olarak fenol ile akış enjeksiyon analizinin (FIA) kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerin ikisinin de gerçekleştirilmesi kolay ekstraksiyona veya hızlı ekstraksiyon prosedürüne (SPE) gerek duymaz ve analiz süresi kısalmış olur. Biyosensör analizi tirozinazın katalitik aktivitesine dayalıdır. Bu cihazın kullanımındaki ana avantaj ön ekstraksiyonun gerekli olmadığı ve biyosensörün organik çözüge çalışabilmesidir. Böylece örneğin ön işlemleri elenmiş olmakta ve analiz süresi kısalmaktadır. Ayrıca deneyler akış enjeksiyon analizi ile gerçekleştirilmiştir, ki bu çözüge buharına personelin maruz kalmasını azaltarak ve zamanı kısaltarak tüm işlemlerin semi-otomizasyonunu başarır (Capannes ve ark., 2000).

Campanella ve ark. (1999) yapmış oldukları çalışmanın amacı, aynı anda iki farklı gösterge kullanarak zeytinyağının aşamalı bozulmasını değerlendirmektir: peroksit sayısından oluşan 'klasik' ve ana doğal olan polifenollerin içeriğindeki aşamalı azalmadan oluşan yenilikçi bir tirozinaz bazlı yeni bir OPEE (organik faz enzim elektrodu) vasıtasıyla hızla tespit edilen yağda bulunan antioksidanları temel alır. Bozulma işlemi sırasında iki parametrenin eğilimlerinin ters korelasyonu doğrulanmış ve zeytinyağının polifenol içeriği temelinde gerçekliğini ve stabilitesini değerlendirmek için öneri yapılmıştır. Sonuç olarak, biyosensörün zeytinyağı gibi karmaşık matrisleri önceden ekstraksiyon veya ayırma gereksizinden doğrudan analiz etmek için kullanma olasılığı, yeni OPEE'yi kullanarak analizi son derece avantajlı hale getirmektedir. Ayrıca, zeytinyağı numuneleri üzerinde gerçekleştirilen polifenol içeriği ölçümlerinin doğruluğu ve kesinliği ile birlikte, bu biyosensörün, literatürde son zamanlarda açıklanan diğer OPEE prototiplerine göre sunduğu avantajları ortaya koymuştur. Bizim tarafımızdan kullanılan gazlı bir difüzyon amperometrik elektrik yerine gösterge olarak

klasik bir amperometrik elektrot kullanan ikincisi, ölçümün yapıldığı organik çözücünün genellikle düşük iletkenliği sorunu ile başa çıkmak zorundadır. Bu problemler, yalnızca, kloroform gibi yeterince polar çözücülerde nispeten çözünür olan TBATS gibi elektrolitler kullanılarak kısmen çözülebilir (ancak n-heksanda değil, mevcut raporda açıklanan testler için tarafımızdan seçilen çözücü), bu önemli gıda yağının bu polar olmayan çözücü içindeki özel çözünürlüğü nedeniyle zeytinyağı üzerinde gerçekleştirilen çok sayıda spektrofotometrik testte de sıklıkla kullanılanlardır (Hall ve ark., 1988a; Hall ve ark., 1988b; Wang ve ark., 1992).

6. Referanslar

- Abdel-Hamid, I., Ivniński, D., Atanasov, P., Wilkins, E. (1999). Flow-through immunofiltration assay system for rapid detection of *E. coli* O157:H7, *Biosensors Bioelectronics*, 14, 309–316.
- Alshannaq, A., Yu, J.H. (2017). Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food, *Int J Environ Res Public Health*, 14(6), 632.
- Audrey, S., Beatriz, P.S., Jean-Louis, M. (2012). Biosensors for pesticide detection: new trends, *American Journal of Analytical Chemistry*, 3, 210-232.
- Baiano, A. (2017). Applications of hyperspectral imaging for quality assessment of liquid based and semi-liquid food products: A review, *Journal of Food Engineering*; 214(Supplement C), 10-15.
- Baş, D., Deniz, E. (2015). Gıda Güvenliği ve Kalite Kontrolünde Biyosensörler, *Gıda The Journal of Food*, 40(4), 225-232.
- Bennet, A. R., MacPhee, S., Betts, R.S. (1995). Evaluation of methods for the isolation and detection of *Escherichia coli* O157 in minced beef, *Appl. Microbiol.*, 20:375–379.
- Bilitewski, U., Turner, A. (2000). Biosensors for environmental monitoring, *Harwood, Amsterdam*, 124-135.
- Boulieu, R., Bory, C., Baltassat, P., Gonnet, C. (1984). High-performance liquid chromatographic determination of hypoxanthine and xanthine in biological fluids, *J. Chromatogr.*, 307, 469-474.
- Cacciola, F., Dugo, P., Mondello, L. (2017). Multidimensional liquid chromatography in food analysis, *TRAC Trends in Analytical Chemistry*, 96, 116-123.

- Campanella L., Favero G., Pastorino M., Tomassetti, M. (1999). Monitoring the rancidification process in olive oils using a biosensor operating in organic solvents, *Biosensors and Bioelectronics*, 14, 179-186.
- Campanella, L., Beone, T., Sammartino, M.P., Tomassetti, M. (1993). Determination of phenol in waste water using an enzyme sensor, *Analyst*, 118, 979-986.
- Cao, L. K., Anderson, G.P., Ligler, F.S., Ezzel, J. (1995). Detection of *Yersinia pestis* fraction 1 antigen with a fiber optic biosensor., *J. Clin. Microbiol.*, 33, 336-341.
- Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M., Parenti, A. (2000). Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils, *Food Chemistry*, 71 (4), 553-562.
- Chen, Z., Lina, Y., Ma, X., Guo, L., Qiu, B., Chen, G., Lina, Z. (2017). Multicolor biosensor for fish freshness assessment with the naked eye, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 252, 201-208.
- Chu, F. S. (1996). In *Immunoassays for Residue Analysis: Food Safety*; Beier, R. C., Stanker, L. H., Eds., American Chemical Society, 621, 294-313.
- Cunningham, S.K., Keaveny, T.V. (1978). A two-stage enzymatic method for determination of uric acid and hypoxanthine/xanthine, *Clin. Chim. Acta*, 86, 217-22.
- Daly, G.J. Keating, S.J., Dillon, P.P., Manning, B.M., O’Kennedy, R., Lee, H.A. (2000). Development of surface plasmon resonance-based immunoassay for aflatoxin B1, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5097-5104.
- Dolmacı, N. (2009). Balık eti tazeliği tespiti için ksantin oksidaz enziminin polipirolpolivinilsülfonat filme immobilizasyonu ile amperometrik biyosensör hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-81.
- Fan, X., White, I.M., Shopova, S.I., Zhu, H., Suter, J.D., Sun, Y. (2008) Sensitive optical biosensors for unlabeled targets: a review, *Anal Chim Acta*, 620, 8-26.
- Farkas, J., Dalmadi, I., Farkas, J. (2009). Near infrared and fluorescence spectroscopic methods and electronic nose technology for monitoring foods, *Progr. Agric. Eng. Sci.*, 5, 1-29.

- Farthing, D.E., Sica, D., Hindle, M., Edinboro, L., Xi, L., Gehr, et al., T.W. (2011). A rapid and simple chemiluminescence method for screening levels of inosine and hypoxanthine in non-traumatic chest pain patients, *Luminescence: J. Biol. Chem. Luminescence*, 26, 65-75.
- Frenich, A.G., Vidal, J.L.M., López, T.L., Aguado, S.C., Salvador, I.M. (2004). Monitoring multi-class pesticide residues in fresh fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 1048(2), 199-206.
- Gehring, A. G., Patterson, D.L., Tu, S. (1998). Use of a lightaddressable potentiometric sensor for the detection of *Escherichia coli* O157:H7, *Anal. Biochem.*, 258, 293–298.
- Ghosh (Hazra), S., Sarker, D., Misra, T.N. (1998). Development of an amperometric enzyme electrode biosensor for fish freshness detection, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 53, 58-62.
- Gooding, C. M., Choudary, P.V. (1997). Rapid and sensitive immunomagnetic separation-polymerase chain reaction method for the detection of *Escherichia coli* O157:H7 in raw milk and ice-cream, *J. Dairy Res.*, 64:87–93.
- Griffin, P. M., Tauxe, R.V. (1991). The epidemiology of infections caused by *Escherichia coli* O157:H7, other enterohemorrhagic *E. coli*, and the associated hemolytic uremic syndrome, *Epidemiol. Rev.*, 13, 60–67.
- Hall, G.F., Best, D.J., Turner, A.P.F. (1988). Amperometric enzyme electrode for the determination of phenols in chloroform, *Enzyme and Microbial and Technology*, 10, 543-546.
- Hall, G.F., Best, D.J., Turner, A.P.F. (1988). The determination of p-cresol in chloroform with an enzyme electrode used in organic phase, *Analytica Chimica Acta*, 213, 113-119.
- Hamada-Sato, N., Kobayashi, T., Imada, C., Watanabe, E. (2002). Freshness preservation of raw fish using contact dehydration sheet (Freshness-preserving effects of contact dehydration sheet on pacific mackerel and Japanese sardine), *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 49 (12), 765-770.
- Jing, Z., Lei, J., Rong, P., Xue, Y., Ju, H. (2010). Highly sensitive electrocatalytic biosensing of hypoxanthine based on functionalization of graphene sheets with water-soluble conducting graft copolymer, *Biosens. Bioelectron.*, 26, 371-376

- Kaminishi, Y., Nakaniwa, K., Kunimoto, M., Miki, H. (2000). Determination of K-value using freshness testing paper and freshness prediction of the finfishes stored at some different temperatures by the kinetic parameters, *Fisheries Sci*, 66, 161-165.
- Kricka, L. J. (1997). Ultrasensitive chemi- and bioluminescent methods: prospects in food testing, *Food Testing Anal.*, 3(4), 20–23.
- Kwak B.Y., Shon, D.H. (2000). Detection of Ochratoxin A in Agricultural Commodities Using Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, *Food Sci. Biotechnol.*, 9, 168-173.
- Lawal, A.T., Adeloju, S.B. (2010). Comparison of polypyrrole-based xanthine oxidase amperometric and potentiometric biosensors for hypoxanthine, *J. Mol. Catal. B: Enzym.*, 66, 270-275.
- Leonard, P., Hearty, S., Brennan, J., Dunne, L., Quinn, J., Chakraborty, T. (2003). Advances in biosensors for detection of pathogens in food and water, *Enzyme and Microbial Technology*, 32, 3-13.
- Li, Y., Liu, X., Lin, Z. (2012). Recent developments and applications of surface plasmon resonance biosensors for the detection of mycotoxins in foodstuffs, *Food Chemistry*, 3(1), 1549-1554.
- Lindgren, A., Ruzgas, T., Emneus, J., Csoregi, E., Gorton, L., Marko-Varga, G. (1996). Flow injection analysis of phenolic compounds with carbon paste electrodes modified with tyrosinase purchased from different companies, *Analytical Letters*, 29, 1055-1068.
- Liu, Y., Matharu, Z., Howland, M. C., Revzin, A., Simonian, A.L. (2012). Affinity and enzyme-based biosensors: Recent advances and emerging applications in cell analysis and point-of-care testing, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 404(4), 1181–1196, <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6149-6>.
- MacDonald, K. L., Osterholm, M.T. (1993). The emergence of *Escherichia coli* O157:H7 infection in the United States, *JAMA*, 269, 2264–2266.
- Maragos, C. M., Thompson, V. S. (1999). Fiber-optic immunosensor for mycotoxins, *Nat. Toxins*, 7, 371-376.
- Mauro, J. M., Cao, L.K., Kondracki, L.M., Walz, S.E., Campbell, J.R. (1996). Fiber-optic fluorometric sensing of polymerase chain reaction-amplified DNA using an immobilized DNA capture protein, *Anal. Biochem.*, 235, 61–72.
- Mitchell, S.C. (1996). The fish-odor syndrome, *Perspect. Biol. Med*, 39, 514-526.

- Montedoro, G., Servili, M., Baldioli, M., Selvaggini, E. Miniati, E., Macchioni, A. (1992). Simple and hydrolyzable compounds in virgin olive oil. 3. Spectroscopic characterizations of the secoiridoid derivatives, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 41,2228-2234
- Mullett, W., Lai, E.P.C., Yeung, J.M. (1998). Immunoassay of fumonisins by a surface resonance biosensor, *Analytical Biochemistry*, 258, 161-167.
- Niu, J. and Lee, J.Y. (2000). Bulk-modified amperometric biosensors for hypoxanthine based on sol-gel technique, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 62(3), 190-198.
- Nonaka, J., Mitani, H., Koizumi, C. (1967). Determination of Volatile Amines in Fish Muscle by Gas-Liquid Chromatography-I. Trimethylamine, *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish*, 33, 753.
- Ogert, R. A., Brown, F.J., Singh, B.R., Shriver-Lake, L.C., Ligler, F.S. (1992). Detection of *Clostridium botulinum* toxin A using a fiber optic-based biosensor, *Anal. Biochem.*, 205, 306–312.
- Ogert, R. A., Shriver-Lake, L.J., Ligler, F.S. (1993). Toxin detection using a fiber optic-based biosensor, *SPIE*, 1885, 11–17
- Ohta, S., (1981). TMA is produced by decomposition of TMAO by microorganism and its concentration is rapidly increased in marine products after their death, , *Gyosyu & Chikunikusyu*, Kouseisya Koseikaku, 77.
- Okuma, H., Takahashi, T., Yazawa, S., Sekimukai, S., Watanabe, E. (1992). Development of a system with double enzyme reactors for the determination of fish freshness, *Anal. Chim. Acta*, 260, 93
- Pilolli, R., Monaci, L., Visconti, A. (2013). Advances in biosensor development based on integrating nanotechnology and applied to food-allergen management, *Trends Anal Chem*, 47(0), 12-26.
- Pividori, M.I., Alegret, S. (2010). Micro and nanoparticles in biosensing systems for food safety and environmental monitoring, An example of converging technologies. *Microchim. Acta*, 170(3-4), 227-242.
- Pletinckx, L.J., Verheghe, M., Crombé, F., Dewulf, J., De Bleecker, Y., Rasschaert, G., Butaye, P., Goddeeris, B.M., De Man, I. (2013). Evidence of Possible Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus* ST398 Spread Between Pigs and Other Animals and People Residing on the Same Farm, *Prev. Vet. Med.*, 109 (3–4), 293-303

- Pu, W., Zhao, H., Wu, L., Zhao, X. (2014). A colorimetric method for the determination of xanthine based on the aggregation of gold nanoparticles, *Microchim. Acta*, 182, 395-400
- Qiong, C., Tuzhi, P. and Liju, Y. (1998). Silk fibroin/cellulose acetate membrane electrodes incorporating xanthine oxidase for the determination of fish freshness. *Analytica Chimica Acta*, 369(3), 245-251.
- Rahman, M.S. (2007). *Handbook of food preservation*, Secondth edn. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Robards, K., Antolovich, M. (1997). Analytical Chemistry of Fruit BioflavonoidsA Review, *Analyst*, 122, 11-34.
- Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker, G., Swatsing, P., Glover, W., Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits (1999). *Food Chemistry*, 66, 401-436
- Rowe, C. A., Bolitho, J.S., Jane, A., Bundesen, P.G., Rylatt, P. R. Eisenberg, P.R., Ligler, F.S. (1998). Rapid detection of D-dimer using a fiber optic biosensor, *Thromb. Haemostasis*, 79, 94–98.
- Ryan, D., Robards, K. (1998). Critical Review. Phenolic compounds in olives *Analyst*, 123, 31R-44R.
- Sapkota, A., Sapkota, A.R., Kucharski, M., Burke, J., McKenzie, S., Walker, P., Lawrence, R. (2008). Aquaculture Practices and Potential Human Health Risks: Current Knowledge and Future Priorities, *Environ. Int.*, 34 (8), 1215-1226
- Scott, P., Trucksess, M.W. (1997). Application of Immunoaffinity Columns to Mycotoxin Analysis., *Journal of AOAC International*, 80: 941-949.
- Sharma, V. K., Dean-Nystrom, E.A., Casey, T.A. (1999). Semiautomated fluorogenic PCR assays (TaqMan) for rapid detection of *Escherichia coli* O157:H7 and other Shiga toxigenic *E. coli*., *Mol. Cell. Probes*, 13, 291–302.
- Shephard, G. S., Fabiani, A., Stockenstrom, S., Mshicileli, N., Sewram, V. J. (2003). Quantitation of Ochratoxin A in South African Wines, *Agric. Food Chem*, 51, 1102-1106.
- Shriver-Lake, L. C., Naz, N.A., Ligler, F.S. (1998). A fiber optic biosensor for the detection of TNT/RDX in environmental samples, *John Wiley & Sons Inc.*, 2E1–2E13

- Shriver-Lake, L.C., Breslin, K.A., Golden, J.P., Judd, L., Choi, J., Ligler, F.S. (1994). A fiber optic biosensor for the detection of TNT, SPIE, 2367, 52–58
- Silvia, C., Maragos, C.M., J. (1998). Capillary Electrophoresis with Laser-Induced Fluorescence: Method for the Mycotoxin Ochratoxin A, *Agric. Food Chem.*, 46, 3162-3165.
- Stark A.A. (2005). Threat assessment of mycotoxins as weapons: molecular mechanisms of acute toxicity, *J. Food Prot.*, 68, 1285–1293.
- Sun, H., Ge, X., Lv, Y., Wang, A. (2012). Application of accelerated solvent extraction in the analysis of organic contaminants, bioactive and nutritional compounds in food and feed, *Journal of Chromatography A*, 12371-23.
- Takao, Y., Shimizu, Y., Egashira, M. (1988). Detection of trimethylamine by semiconductor gas sensors with ruthenium and their application to freshness sensors, *Denki Kagaku*, 56 (11), 1010-1015.
- Tokunaga, T. (1970a). Trimethylamine Oxide and Its Decomposition in the Bloody Muscle of Fish—I. TMAO, TMA, and DMA Contents in Ordinary and Bloody Muscles, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 36 (5), 502-509.
- Tokunaga, T. (1970b). Trimethylamine Oxide and Its Decomposition in the Bloody Muscle of Fish—I. TMAO, TMA, and DMA Contents in Ordinary and Bloody Muscles, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 36 (5) 510-515
- Tozawa, H., Enokibara, K., Amano, K. (1970). Effect of dimethylamine on the value of trimethylamine determined by Dyer's method, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 36 (1970), pp. 606-611.
- Valdés, M.G., Valdés-González, A.C., García-Calzón, J.A., Díaz-García, M.E. (2009). Analytical nanotechnology for food analysis, *Microchimica Acta*, 166, 1-19
- Välimaa, A.L., Tilsala-Timisjärvi, A., Virtanen, E. (2015). Rapid detection and identification methods for *listeria monocytogenes* in the food chain – a review, *Food Control*, 55, 103-114.
- Van der Gaag, B., Spath, S., Dietrich, H., Stigter, E., Boonzaaijer, G., Van, Osenbruggen, T., Koopal, K. (2003). Biosensors and multiple mycotoxin analysis, *Food Control*, 14, 251-254.
- Veciana-Nogues, M.T., Vidal-Carou, M.C., Marine-Font, A. (1989). Histamine and Tyramine in Preserved and Semi-preserved Fish Product. *J. of Food sci.* Vol 54 No:6, 1653-1655

- Venugopal, V. (2002). Biosensors in fish production and quality control, *Biosensors and Bioelectronics*, 17 (3), 147-157.
- Verdu, C.F., Gatto, J., Freuze, I., Richomme, P., Laurens, F., Guilet, D. (2013). Comparison of two methods, uhplc-uv and uhplc-ms/ms, for the quantification of polyphenols in cider apple juices, *Molecules* (Basel, Switzerland), 18(9), 10213-10227.
- Vidal Carou, M.C., Izquierdo-Pulido, Marine-Font, AB. (1989). Spektrofluorometric Determination of Histamine in wines and other Alcoholic Beverages, *J.Assoc.off.Anal.Chem.Vol.72 No:3* p.412-415.
- Volpe, G., & Mascini, M. (1995). Enzyme sensors for determination of fish freshness. *Talanta*, 43, 283-289.
- Wagner, G., Guilbault G.G. (1994). Food biosensors analysis, Marcell Dekker, 219-252
- Wang, J., Reviejo, A.J., Mannino, S. (1992). Organic phase enzyme electrode for the determination of phenols in olive oils, *Analytical Letters*, 25, 1399-1409.
- Wang, X.X., Wu, Z. Shan, Z., Huang, QM. (2011). BSA-stabilized Au clusters as peroxidase mimetics for use in xanthine detection, *Biosens. Bioelectron.*, 26, 3614-3619
- Watanabe, E., Tanaka, M. (1990). Determination of fish freshness with a biosensor system D.L. Wise (Ed.), *Bioinstrumentation and Biosensors*, 42, 39-73.
- Yeni, F., Acar, S., Polat, Ö.G., Soyer, Y., Alpas, H. (2014). Rapid and standardized methods for detection of foodborne pathogens and mycotoxins on fresh produce, *Food Control*, 40, 359-367.
- Zhang, F.F., Wan, Q., Li, C.X., Wang, X.L., Zhu, Z.Q., Xian, et al., Y.Z. (2004). Simultaneous assay of glucose, lactate, L-glutamate and hypoxanthine levels in a rat striatum using enzyme electrodes based on neutral red-doped silica nanoparticles, *Anal. Bioanal. Chem.*, 380, 637-642.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 24



**Elektrik Akımsız Ni kaplanarak üretilen Seramik-
Metal Kompozitlerin Borlanarak Mekanik
Özelliklerinin Araştırılması
(Ahmet Yönetken, Ayhan Erol)**

Elektrik Akımsız Ni kaplanarak üretilen Seramik-Metal Kompozitlerin Borlanarak Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

Ahmet Yönetken¹, Ayhan Erol²

¹*Afyon Kocatepe University, Engineering Faculty, Electrical Engineering Dept.,
Afyonkarahisar, Turkey, E-mail: ayonetken@gmail.com*

²*Afyon Kocatepe University, Technology Faculty, Metallurgy and Materials
Engineering, Afyonkarahisar, Turkey, E-mail: aerol@aku.edu.tr*

1. Giriş

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesi, otomotiv, havacılık ve savunma sanayinde ve endüstri uygulamalarında yeni malzemelerin kullanılması üretilen makine ve ekipmanların özelliklerini geliştirmektedir. Son yıllarda, malzemelerin hafifleştirilmesiyle birlikte mekaniksel özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Toprak endüstrisinde kullanılan çizici kalemler şekillendirme ve mukavemet arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu tür malzemelerin üretilmesinde kompozitler önemli yer tutmaktadır. Toprak endüstrisinde modern teknolojilerin kullanılmaya başlamasıyla birlikte yeni mühendislik malzemelerine duyulan gereksinim hızla artmaktadır. Seramik-metal matris kompozitlerde üstün özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Seramik malzemelerin üzerinde düzgün ince dağılmış toz şeklinde birçok çalışma yapılmıştır. Yüksek mukavemetli seramik malzemelerinin üretimi için doğrudan fabrikasyon yöntemleri geliştirmeye çalışılmıştır (Rajan et al.1998., Lee et al. 2008, Frage et al. 2002). Seramik malzemelerin mekanik ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için metal partiküllerle seramik matrisli kompozitler geliştirilmiştir. Seramik-metal kompozitlerin manyetik, elektriksel ve kimyasal özelliklerin yanı sıra metaller ve seramik malzemeler arasındaki ısıtma özelliğinin de kapsamaktadır (Michalski et al.2007, Narayanan et. al. 2003, Ling and Li 2005, Luo et al. 2010, Abe et al. 2004).

Akımsız nikel kaplama tekniğinin kullanılması sertlik, aşınma direnci ve korozyon direncine sahip yüksek performanslı ürün üretilmesi nedeniyle birçok alanda geniş kullanım alanları bulmuştur. Düşük maliyet, karmaşık şekilli altlık yüzeyinde sürekli ve düzgün bir kaplamanın kolay oluşumu ve hem iletken hem de iletken olmayan parçalar üzerinde biriktirme kabiliyeti gibi birçok avantaj, akademi ve endüstrinin büyük ilgisini çekmiştir(Zang vd. 2005). Silisyum karbür (SiC) seramikleri, yapısal bir uygulama için çok iyi bilinen bir aday malzemedir(Mandal vd. 2001). Akımsız nikel kaplama işlemi, Ni-P katmanını alümina parçacıklarının yüzeyine biriktirmek için

kullanılmıştır (Bremner ve Riddell, 1946, Luo et al. 2011, Erol and Yönetken 2010, Yönetken and Erol, 2019, Yönetken and Erol, 2020). Üretilen numunelerde oluşan boron tabakası, kompozit malzemeye kıyasla aşınmaya karşı çok dayanıklı bir yapıdır ve aşınma direncinin gerekli olduğu yerlerde tercih edilebilir (Iswadi et al. 2007). Üretilen ileri teknoloji malzemelerinde yüksek özgül dayanım ve sertlik, yüksek sıcaklık performansı ve daha iyi termal ve mekanik yorulma ve sürünme direncine sahip malzemeler istenmektedir (Xiaoyong et al 2013.). Alüminyum matris kompozitler ileri mühendislik malzemelerinin uygulamalarında büyük bir rol oynamaktadır (Ravichandran ve Dineshkumar 2016, Tarragó et al. 2016, Bilici vd. 2019). Seramik metal kompozit üretiminde elektrik akımsız Ni kaplama yönetimi sinterlemede avantaj sağlamaktadır. AISI 316 paslanmaz çeliği borlama sonrası aşınma direncinin olumlu etkisi araştırılmış, FeB ve Fe₂B fazlarından oluşan borür tabakası elde edildiği belirtilmiştir.

Yapılan çalışma sonunda üretilen numunelerin ortalama sertlikleri ve oluşan Ni₃B, Ni₄B₃, Ni₂B ve NiB fazlar elde edilmiştir (Topuz P. and Aydogmuş T., 2019). Ekobor kaynağından bor atomunun ısı altında serbest dolaşımı ile altlık malzemeye bor elementinin yayılımı esnasında meydana gelen reaksiyonlar borür bileşiklerinin oluşumunu sağlar (Azaklı ve Tarakçı, 2018). Borlama oksidasyon direncini artırma yöntemi olarak önerilmektedir (Dokumacı et. al. 2013).

Bu çalışmada, toprak endüstrisinde kullanılan çizici kalemlerin kısa olması sebebiyle periyodik aralıklarda değiştirilmektedir. Ekonomik açıdan üretim maliyetini düşürmek ve çizici kalemlerin kullanım süresini arttırmak amacıyla seramik-metal kompozit üretimi ve karakterizasyonu yapılmıştır. Çalışma sonuçları dikkate alınarak sektörde kullanımı önerilmiştir.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada 99.8% saflıkta ve 40 µm boyutunda Aldrich firmasının SiC tozu kullanılmıştır. SiC Tozları Elektrik akımsız Ni kaplama tekniği ile Hydrazin banyosu kullanılarak Ni kaplama işlemine tabi tutulmuştur. Kaplama banyosunda (NiCl₂.6H₂O) Nikel Klorid, Hydrazine Hydrate (N₂H₄.H₂O) ve 30 vol.% Amonyak kullanılmıştır. Kaplama süresince banyo sıcaklığı 90-95°C de ve pH değeri 9-10 arasında Philips marka PW 9413 Ion-Activity Meter ile ölçülerek belirtilen aralıklarda sabit tutulmuştur. Kaplanmış tozlar birkaç kez saf su ve Alkol ile yıkanarak kaplamadan kalan kalıntılardan arındırılarak filtre edilmiştir. Kaplanan tozlar etüv fırınında 105°C de 24 saat süre boyunca kurutulmuştur. Kaplanmış tozlar tek eksenli hidrolik preste 300 bar basınç altında silindirik kalıpta şekillendirilmiştir. Şekillendirilen numuneler 600-1000°C sıcaklıklarda Argon atmosferinde bir saat süre ile mikrodalga sinterleme fırınında sinterlenerek toz metalürjisi ile kompozit üretilmiştir. Üretilen Kompozit numunelerin fiziksel ve

metalografik incelemeler sonrasında 900°C'de 4 saat süre kutu borlama işlemi uygulanmıştır. Oksit önleyici olarak ekrit tozu kullanılmıştır. Üretilen numunelerin Borlanmış numuneler 10%SiC+Ni, Borlama öncesi yoğunluk ($d=m/V$), Sertlik ve metalografik olarak LEO 1430 VP model Taramalı elektron mikroskobu ile h Oxford EDX analizör mikroyapı incelemelerinde kullanılmıştır. (Çizelge 1).

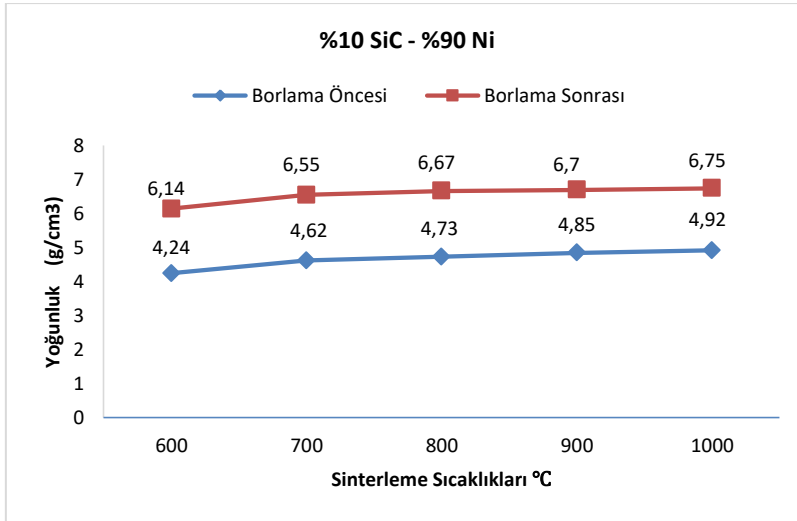
Çizelge 1. Nikel kaplama banyosunun ve özellikleri

Kimyasallar	Şartlar
%10 SiC	3g
Nikel Klorit Hegzahidrat $NiCl_2 \cdot 6H_2O$	108g
Hidrazin Hidrat ($N_2H_4 \cdot H_2O$)	%20
Saf Su	%80
Sıcaklık (°C)	90-95°C
pH	9-10

3. Deneysel Bulgular

3.1. Yoğunluk

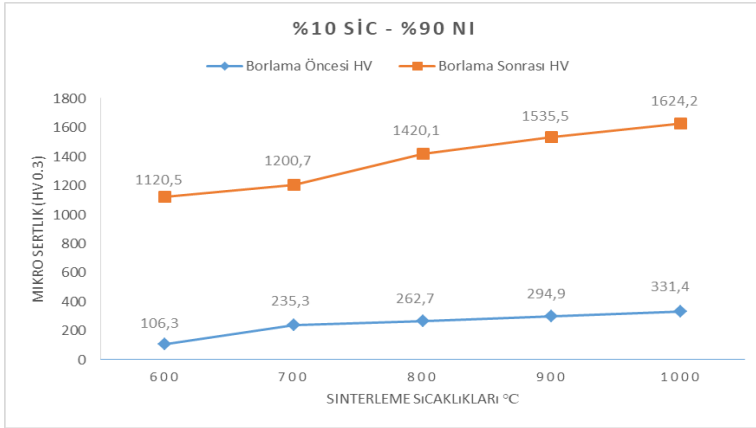
Toz metalürjisi ile üretilen seramik-metal kompozit numuneler 600-700-800-900-1000°C sıcaklıklarda argon atmosferinde sinterlendikten sonra Arşimet prensibine göre sinterlenen numunelerin yoğunlukları hesaplanmıştır. Numuneler daha sonra kutu borlama yöntemi ile 950°C sıcaklıkta 4 saat borlama işlemi uygulanmıştır. Borlanmış numunelerin yoğunlukları Arşimet prensibine göre yoğunlukları tekrar hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak yoğunluk-sıcaklık değişim grafiği çizilmiştir (Şekil 1).



Şekil 4: (%10SiC)%90Ni kompozitine ait yoğunluk-sıcaklık değişim grafiği.

3.2. Mikrosertlik

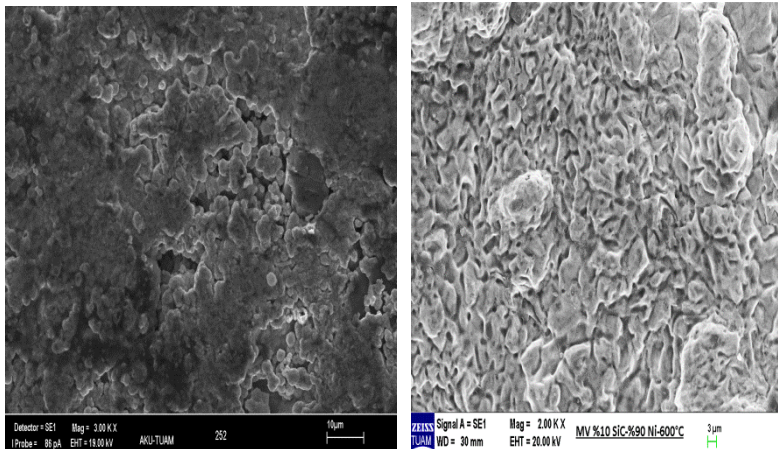
Toz metalürjisi ile üretilen seramik-metal kompozit numuneler 600-700-800-900-1000°C sıcaklıklarda argon atmosferinde sinterlendikten sonra mikro sertlik ölçümleri 10 farklı noktadan yapılmış ve ortalaması alınarak grafiğe aktarılmıştır. Ölçülen veriler kullanılarak mikrosertlik-sıcaklık değişim grafiği çizilmiştir (Şekil 2.).



Şekil 2: (%10SiC)%90Ni kompozitine ait mikrosertlik-sıcaklık değişim grafiği.

3.3. SEM analizi

Toz metalürjisi yöntemi kullanılarak (%10SiC)%90Ni 600°C üretilen kompozitlere 950°C sıcaklıkta 4 saat borlanmış numunelere yüzey mikro yapılarına ait SEM görüntüleri Şekil 3'te sunulmuştur. Kompozit yüzeyi X-ışınları analizinde Ni_3B_{12} ve Ni_4B_3 fazlarının oluşumu ile daha az gözenekli sert bir yapı elde edilmiştir.

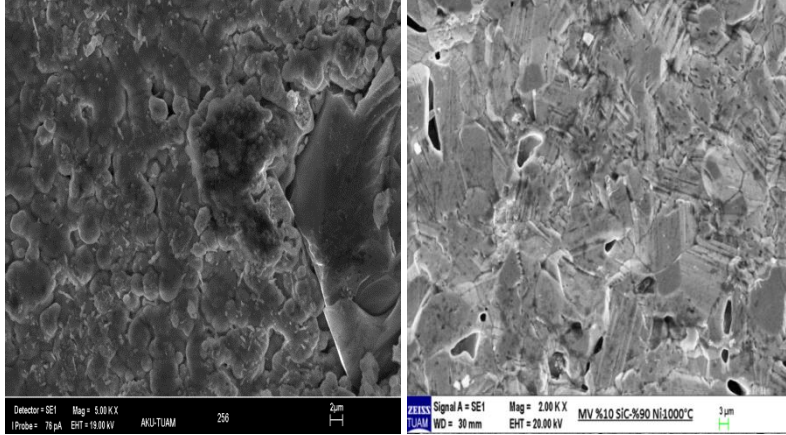


a) Borlama öncesi

b) Borlama sonrası

Şekil 3: (%10SiC)%90Ni 600°C kompozitine ait X-ışınları analizi

Toz metalürjisi yöntemi kullanılarak (%10SiC)%90Ni 1000°C üretilen kompozitlere 950°C sıcaklıkta 4 saat borlanmış numunelere yüzey mikro yapılarına ait SEM görüntüleri Şekil 4'te sunulmuştur. Borlama işlemi seramik metal kompozitin yüzey yapısında değişiklik gözlenmektedir. SEM fotoğrafında tane sınırları görülmektedir. Mikroyapının iğnemsiz özelliği göstermesi, sertlik değerlerinin yüksek olmasını desteklemektedir.



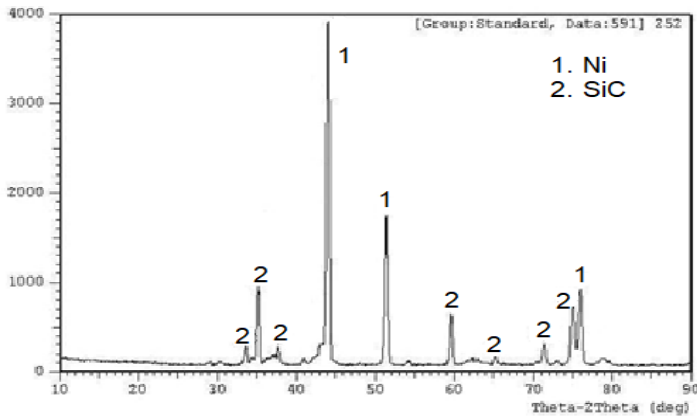
a) Borlama öncesi

b) Borlama sonrası

Şekil 4: (%10SiC)%90Ni 1000°C kompozitine ait X-ışınları analizi

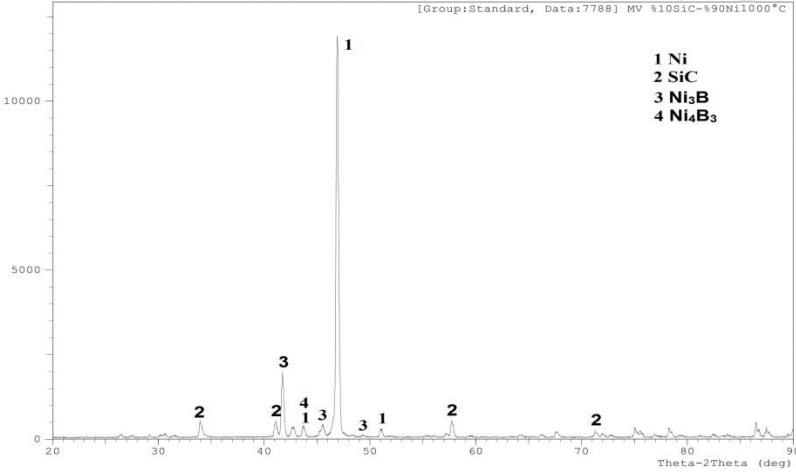
3.4. X-ışınları analizi

Sinterleme sonrası uygulanan XRD analizi sonucunda Şekil 5' de görülen fazların belirlenmesi yapılmıştır. (%10SiC)%90Ni 1000°C kompozitine ait fazlar sırasıyla SiC, seramik fazlarının yanı sıra Ni metalik fazı elde edilmiştir.



Şekil 5: Borlama sonrası (%10SiC)%90Ni 1000°C kompozitine ait X-ışınları analizi.

Sinterleme sonrası borlama işleminden sonra uygulanan XRD analizi sonucunda Şekil 6' da görülen fazların belirlenmesi yapılmıştır. (%10SiC)%90Ni 1000°C kompozitine ait fazlar sırasıyla SiC, seramik fazlarının yanı sıra Ni metalik fazı elde edilmiştir. Seramik-metal fazlarına ilave olarak metalik borür fazları olan Ni_3B ve Ni_4B_3 belirlenmiştir.



Şekil 6: Borlama sonrası (%10SiC)%90Ni 1000°C kompozitine ait X-ışınları analizi.

4. Tartışma ve Sonuç

Üretilen seramik-metal kompozit numuneler kutu borlama işlemi sonrasında karakterize edilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Geleneksel sinterleme fırında sinterlenmiş (%10SiC)%90Ni tozlarından üretilen kompozitlerden en yüksek yoğunluk 1000°C'de elde edilmiştir. En yüksek yoğunlukdeğerleri 1000 °C'de borlama öncesi $4,92\text{g/cm}^3$ ve borlama sonrası $6,75\text{g/cm}^3$ olarak hesaplanmıştır. En yüksek mikrosertlik 1000 °C'de borlama öncesi 331,4 HV ve borlama sonrası 1624,2 HV olarak ölçülmüştür. Akımsız kaplama nikel kaplama tekniği ile üretilen seramik-metal kompozitler sinterleme avantajının yanında daha iyi mekaniksel özellikler göstermektedir. Kaplama yapılmadan üretilen kompozitlere göre daha az gözenekli olup korozyon direncini arttırması beklenmektedir. Seramik-metal kompozit üretiminde kimyasal nikel kaplama işlemi için elektrik enerjisine ihtiyaç yoktur. Bu, verimli ve uygun maliyetli bir kaplama işlemi sağlar. Toz metallürjisi ile üretim son işlem gerektirmez. Akımsız nikel kaplama tekniği ile yapılan kaplamada kaplamanın kalınlığı ve kaplama hacminin büyüklüğü üretilen numunelerde esneklik sağlar. Kaplanacak parçacıkların girintileri ve çukurları kolayca doldurulabilir. Geleneksel toz metallürjisi ile üretilen kompozitlere üretim sonrası yapılan borlama vb. işlemler malzemelerin mekaniksel özelliklerini geliştirmede avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışma, sonunda toprak endüstrisinde kullanılan çizici kalemlerin kutu borlama uygulanarak yüzey sertlikleri artırılmıştır. Borlama işlemi uygulanması malzeme üretimine ek maliyet getirmesi dezavataj olarak karşımıza çıkmaktadır. Endüstride kullanılan ticari çizici kalemlerin sertlik değerleri 700-750Hv aralığında ölçülmüştür. Yüzey sertlik artışı ile aşınmaya maruz kalan yüzeylerin dayanımı 1624,2HV'e artırılmıştır. Kutu borlama işlemi mikrodalga sinterleme fırınında kompozit numunelere uygulanırsa daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürede daha iyi sonuçlar elde edilmesi düşünülmektedir.

5. Referanslar

- Abe, T., Akamaru S., Watanabe, K., (2004). J. Alloys Compd.377,194.
- Azaklı, Y. and Tarakçı, M., (2018). Microstructural characterisation of borided binary Fe–W alloys, Surface Engineering,34,3 226-234, DOI: 10.1080/02670844.2016.1263712.
- Brenner, A. and Riddell, G. J.,(1946).F&s. Nat. Bur. Stds.,37,31-34
- Dokumacı, E., Özkan, I., Önay, B., (2013). Effect of boronizing on the cyclic oxidation of stainless steel, Surface & Coatings Technology,232, 22–25
- Frage, N., Froumin, N., Dariel, M.P., (2002). Wetting of TiC by non-reactive liquid metals , Acta Materialia, 237 – 245.
- Iswadi, J., Yusof, H.A.M., Rozali, S., (2007). Ogiyama H., Effect of Particle Sizes on the Development of Ultra Hard Surface Through Superplastic Boronizing of Duplex Stainless Steel, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering.1, 539-546.
- Lee, D.W., Yu, J.H., Yun, J.Y., Turaev, F.R., Lim, T.H., Jang, T., (2008). Preparation of TiC-Ni nanocomposite powder by a metallothermic chloride reduction ,Journal of Ceramic ProcessingResearch. 9(4), 407 – 410.
- Ling, G.P., Li Y., (2005).Mater. Lett.59,1610.
- Luo, L.M., Yu, J., Luo, J., Li, J., (2010). Ceram. Int. 36,1989.
- Luoa, L., Wua, Y., Lib, J., Zheng, Y., (2011). Preparation of nickel-coated tungsten carbide powders by room temperature ultrasonic-assisted electroless plating, Surface & Coatings Technology 206, 1091–1095.

- Mandal S , Seal A, Dalui, S K., Dey, A K.,(2001). Ghatak S and Mukhopadhyay A K., 'Mechanical characteristics of microwave sintered silicon carbide' Bull. Mater. Sci., Vol. 24 (2), pp. 121–124.
- Michalski, J., Wejrzanowski, T., Gierlotka, S., Bielinski, J. Konopka K., Kosmac T., Kurzydowski K.J., (2007).J. Eur. Ceram. Soc.27, 831.
- Narayanan, T. S. N. S., Krishnaveni, K., Seshadri, S. K., (2003). Electroless Ni–P/Ni–B duplex coatings: preparation and evaluation of microhardness, wear and corrosion resistance, Materials Chemistry and Physics,82,771–779.
- Rajan, T.P.D., Pillai, R.M., Pai, B.C., (1998).Journal of Materials Science, 33, 3491,<https://doi.org/10.1023/A:1004674822751>.
- Ravichandran, M., and S. Dineshkumar. (2016). Experimental investigationson Al-TiO₂-Gr hybrid composites fabricated through stir castingroute. Materials Testing 58(3),211–17.
- Tarragóa, J.M., Coureauxa, D., Torresc, Y., Casellasd, D., Al-Dawerye, I.,Schneidere, L.,Llane, L., (2016). Microstructural effects on the R-curve behavior of WC-Cocemented carbides, Materials and Desing, 97, 492-501.
- Topuz P. and Aydogmuş T.,(2019). Investigation Of Wear Behavior Of Boronized AISI 316 Stainless Steel,Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, 8 (2), 1105-1114doi: 10.28948/ngumuh.598201.
- Bilici,Ö.V., Sarpün,İ. H., Kılıçkaya,M. S., (2019). The Relationship of Thermal and Elastic Properties with Ultrasonic Wave Velocity of WC/Co-Ti Composites, Afyon Kocatepe University International Journal of Engineering Technologies and Applied Sciences, 2(1), 20-28.
- Xiaoyong, R., Zhijian, P., Ying, P., Chengbiao, W., Zhiqiang, F., Longhao Q., Hezhuo M., (2013). Ultrafine binderless WC-based cemented carbides with varied amountsof AlN nano-powder fabricated by spark plasma sintering, Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials,41, 308-314.
- Erol, A. and Yonetken, A. (2010). Microwave Sintering of Electroless Ni Plated WC Powders . Gazi University Journal of Science, 22 (3) , 227-233. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/gujs/issue/7390/96822>
- Yönetken, A. and Erol, A. (2019). How Improved to WC Based Hard Materials. Erzincan University Journal of Science and Technology, 12 (3), 1434-1441 . DOI: 10.18185/erzifbed.537711

- Yönetken, A. and Erol, A. (2020). Sintering and Characterization of SiC Reinforced Ni Powders in Microwave Furnace. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12 (1), 83-89. DOI: 10.29137/umagd.474003.
- Zhang Q., Wu1, M., and Z. Wen (2005).Electroless nickel plating on hollow glass microspheres, *Surface & Coatings Technology*, 192, 213– 219.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 25



**Discrimination of the Volcanic Units Using
Calibration-Free Laser Induced Breakdown
Spectroscopy (CF-LIBS)
(Glin Genoğlu Korkmaz, Yasemin Gndoğdu,
Hamdi Őkr Kılıç, Hüseyin Kurt, Recai Kuş)**

Discrimination of the Volcanic Units Using Calibration-Free Laser Induced Breakdown Spectroscopy (CF-LIBS)

Gülin Gençoğlu Korkmaz¹, Yasemin Gündoğdu^{2,5}, Hamdi Şükür Kılıç^{3,4,5}, Hüseyin Kurt¹, Recai Kuş⁶

¹ Konya Technical University, Faculty of Engineering,
Department of Geological Engineering, Konya, Turkey

² Selcuk University, Kadınhami Faik İçil Vocational School,
Department Of Computer Technologies, Konya, Turkey

³ Selcuk University, Faculty Of Science, Department Of Physics,
Campus, Selçuklu, Konya, Turkey

⁴ Selcuk University, Advanced Technology Research And Application Center,
Campus, Selçuklu, Konya, Turkey

⁵ Selcuk University, Laser Stimulated Proton Therapy Application
And Research Center, Campus, Selçuklu, Konya, Turkey

⁶ Selcuk University, Faculty Of Technology,
Department Of Mechanical Engineering, Campus, Selçuklu, Konya, Turkey

1. Introduction

The understanding and exploring of the rocks are significant as they have critical signals concerning how they originated and evolved within the time. Sometimes, they may be used as a tool for detecting hazardous and nuclear chemicals, and explosive traces.(De Lucia & Gottfried, 2011). The rocks could be monomineralic or polyminerallc and they are classified into three major groups based on how they formed: igneous (volcanic, sub-volcanic, plutonic rocks), metamorphic and sedimentary rocks. However, enclave term is used for crystal clots (clusters) in the rocks and differ from the host rock in which it is located, disrupting the homogeneous appearance of the host-rock (Bernard Barbarin & Didier, 1992). Enclaves may be distinguished from the host-rock in terms of color, shape, size, texture, and mineralogical composition macroscopically and/or microscopically. Based on formation, origines, and relationships with felsic host rocks, the enclaves have been classified as (1)Xenolite, (2) Restite, (3) Cognate enclave (Magma Segregation Enclaves) (4) Microgranular enclave (B Barbarin & Didier, 1991; Best, 2003; Cantagrel, Didier, & Gourgau, 1984; Dahlquist, 2002; Didier, 1991; G. Gençoğlu Korkmaz, Kurt, & Asan, 2021; Ilbeyli & Pearce, 2005; Kadioğlu & Gülec, 1996; Kadioğlu & Güleç, 1999; Kocak, Zedef, & Kansun, 2011; Kumar, 2010; Kumar, Rino, & Pal, 2004; Kumar & Singh, 2014; Noyes, A.F., & Wones, 1983; Özdamar, Zou, Billor, & Hames, 2020; Winter, 2001; Zhang et al., 2020).

The rock forming minerals such as, olivines, clino-ortho pyroxenes, clino-ortho amphiboles, biotites, feldspars, are crucial for main chemical composition of the rocks. The lattice structure of the minerals hold the elements according to their atomic radius, and so they reflects the chemical composition of the rocks (Kalam, Rao, Jayananda, & Rao, 2020). For instance, the lattice of the clinopyroxenes could hold Al, Fe, Ca, Mg, Si, Na cations; amphiboles and biotites hold Si, Mg, Al, K, Fe cations; plagioclases have Na, Al, Si and Ca cations; titanites include Ca, Ti, and Si cations into their structure (Gülin Gençoğlu Korkmaz, Gündoğdu, Kılıç, & Kurt, 2021). The structure of olivine allows that its crystal sites offer room for only are stricted number of trace elements. Generally, rare earth elements fit better into the structure of the clinopyroxene and garnet minerals rather than the olivines (Foley, Prelevic, Rehfeldt, & Jacob, 2013).

The chemical characteristic of the rocks could be detected by well-known and conventional methods such as XRF and ICP-MS. Among several analytical methods laser induced breakdown spectroscopy (LIBS) can be potentially utilized to explore the chemical composition of the rocks. LIBS detects the deverse chemical elements in any sample (generally solid) quantitatively and qualitatively (Miziolek, Palleschi, & Schechter, 2006). LIBS has also been used in several applications such as identification of cancerous cells, tissue classification (Yueh, Zheng, Singh, & Burgess, 2009) for dental and medical studies, classification of plastic polymers (Lasheras, Bello-Gálvez, & Anzano, 2010), archaeological studies (Muhammed Shameem et al., 2020; Remus et al., 2010), space and Martian research (Cousin, Sautter, Fabre, Maurice, & Wiens, 2012) and geological studies (Gondal, Nasr, Ahmed, & Yamani, 2009; Hark & Harmon, 2014; R. Harmon et al., 2009; Russell S. Harmon et al., 2019; Russell S Harmon, Russo, & Hark, 2013; Russell S. Harmon et al., 2018; Kalam et al., 2020; Roux et al., 2015). LIBS is a practical and important method for the determination of the source elemental composition in many fields and studies, since it is advantageous because of the lower cost, remote-sensing capability and the fast results can be obtained from the installed system compared to other chemical analytical techniques such as XRD, XRF, RAMAN, ICP-MS. REEs and some light elements (such as Li, Na) that could not be measured by XRF could be detected with LIBS (Abedin, Haider, Rony, & Khan, 2011; Bhatt, Jain, Goueguel, McIntyre, & Singh, 2018; Lawley, Somers, & Kjarsgaard, 2021), therefore, not only in whole-rock geochemistry studies, but also in natural mineral chemistry and in mineral classification studies such as garnet and carbonate minerals, LIBS is frequently preferred (Gottfried, Harmon, De Lucia, & Miziolek, 2009; R. S. Harmon et al., 2009). The main principle for LIBS technique is that laser pulses are focused onto a sample to execute laser ablation and generation of a laser induced plasma from which the optical emission spectra are received and recorded by a spectrometer (Panya panya et

al., 2018). The observed LIBS spectrum reflects the entire elemental composition, i.e. chemical fingerprint, of the sample.

Eventhough nanosecond (ns) laser is predominantly used in LIBS technique, femtosecond (fs) laser is used more appropriately for quantitative principal analysis due to better reproducibility of plasma features (lower relative standard deviation, RSD) (Kalam et al., 2020). Chemical content of any sample could be measured by LIBS with or without any calibration process. If the plasma is in a Local Thermodynamic Equilibrium (LTE) conditions, the calibration-free (CF) LIBS method does not require any calibration process where spectral curves could be utilized in analytical chemistry for calibration (Musazzi & Perini, 2014). The CF-LIBS technique could be utilized on any smooth-surface sample and, can measure accurately any element when the plasma is under the local thermal equilibrium conditions and is optically thin enough (Hamad, Alaa, Salloom, & Ghazai, 2018; Tognoni, Cristoforetti, Legnaioli, & Palleschi, 2009; Umar, Liaqat, Ahmed, & Baig, 2020). Through that favorable side, LIBS has become a popular method, recently. However, the LIBS technique, applied as quantitatively analytical analysis needs to be checked from more well-known and conventional technologies such as the X-Ray fluorescence (XRF), ICP-MS and Raman (Alberghina, Barraco, Brai, Schillaci, & Tranchina, 2011).

Here, we report a case study regarding femtosecond CF-LIBS application on volcanic rocks and their enclaves, and to correlate LIBS and previous XRF (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021) results. Here, we have calculated the plasma characteristics to validate LIBS data. Also we have operated the principal component analysis (PCA) which is a statistical approach firstly used by Wold, Esbensen, and Geladi (1987) to differentiate the studied rocks and their enclaves by using their LIBS spectra.

2. Experimental Setup

The freshest and most representative four samples (andesitic-dacitic host rocks and their enclaves) from Konya (Central Anatolia) region were selected and analysed in the laboratory. Thin sections were made in Ankara University YEBİM for petrographic examination of these rocks, and they were examined under a polarizing microscope in the Geological Engineering Department of Konya Technical University.

The samples, whose altered surfaces were removed, were first powdered in a ball milling in the Selcuk University-Laser Spectroscopy Laboratory. Then, 0.8 g sample mixed with 0.2 g wax (polyvinyl alcohol). The obtained mixtures were pressed under 50 MPa pressure and 200°C temperature for 30 minutes and turned into pellets, and prepared for the LIBS analysis which the experiental set-up is shown in fig.1 in detail.

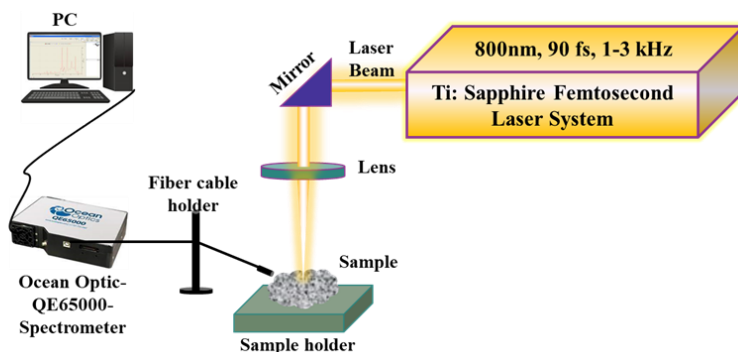


Fig.1 Schematic representation of fs-CF-LIBS experimental set-up

The Ocean Optics, QE65000 spectrometer was used and correlated for this study, and Nd-YAG laser operated at its fundamental wavelength of 800 nm. Laser pulses of 90 fs Ti:Sapphire Femtosecond Laser System at 1800 mJ were focused on the sample. In this study, the analyzes were repeated until the best results were obtained by changing the experimental parameters. First of all, the samples were pressed with and without wax and analyzed. Then, the waxed samples were baked and the wax material was waited for drying and analyzed again. At each stage, laser power was applied on the samples as 500 mW, 1000 mW, 1500 mW, 1800 mW and the analyzes were repeated at several times. According to these data, the conditions in which the most meaningful peaks and optimum results were obtained were determined. It has been observed that the most suitable conditions are provided on waxed-unbaked samples, where high laser power is given.

3. Results and Discussion

3.1. Petrography and Classification of the Rocks

The studied rocks are intermediate lava units and have andesitic-dacitic composition. Also they have hypocrySTALLINE porphyric texture. Phenocrysts and microphenocrysts in the rock are plagioclase, clinopyroxene, amphibole, opaque minerals and rarely biotite and quartz (Fig 2a-b). In the groundmass phase, in addition to these minerals, volcanic glass is also observed in the investigated volcanic rocks (Figs 2 a-b). The investigated andesitic rocks contain magma segregation enclaves (MSE)(G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021). MSE enclaves are in gabbroic rock composition, and contain mainly plagioclase and clinopyroxene phenocrysts and Fe-Ti oxide microphenocrysts. Also, they show a coarse-grained texture as typically in igneous rocks (Figs 2 c-d). Plagioclase grains are zoned and rarely sieved in the hosts. However in the enclaves they are unzoned and dusty sieved (Fig 2). While the pyroxenes in the host rock are euhedral, in the enclaves they are anhedral, fractured and have poorly developed cleavages. In the host rocks,

amphiboles are usually subhedral (Fig 2 a-b), whereas in the enclaves they are anhedral, fractured or bladed/quenched (Figs 2 c-d).

Based on mineralogical, petrographical, chemical properties and geochemical classification diagram TAS (total alkali-silica) (Le Bas, Le Maitre, Streckisen, & Zanettin, 1986), investigated rocks have been classified as basaltic-andesite, andesite, and dacite (Fig. 3a) (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021).

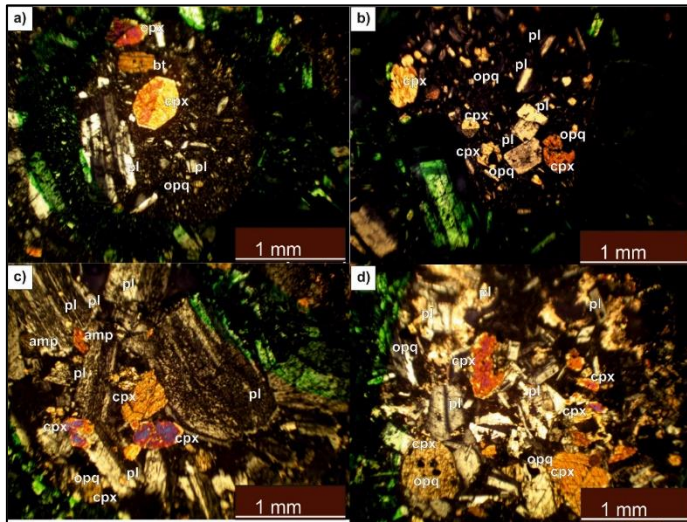


Fig. 2 Photomicrophotographs of the (a) Host rock-1, (b) Host rock-2, (d) enclave-1 (e) enclave-1 (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021)

Geochemical fingerprinting is a significant term showing the chemical composition of a rock or mineral that reflects the geological processes associated with its evolution. Generally, the trace element composition of the rocks could be used as the major indicators for the evolution and genesis of the rocks. Investigated rocks are high-K calc-alkaline rocks with their K_2O (1-3%wt) contents (Fig 3b). Moreover, enclaves contain lower K_2O and Na_2O and higher MgO , CaO , Al_2O_3 contents relative to their enclaves (Figs 3, 4, and Table 1)(G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021).

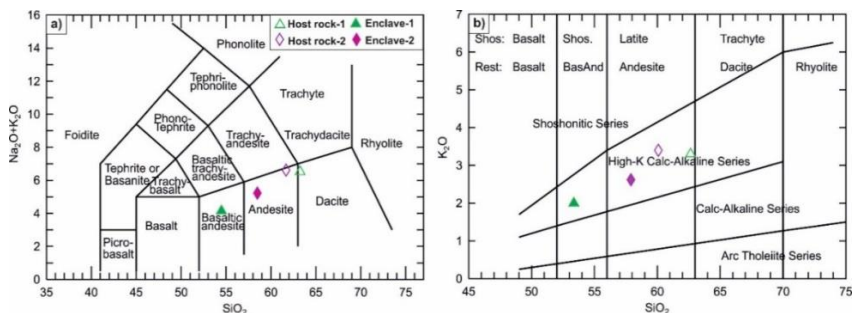


Fig. 3 (a) Total alkali-Silica diagram (Le Bas et al., 1986) and (b) SiO_2 vs. K_2O diagram of the investigated rocks. Data from G. Gençoğlu Korkmaz et al. (2021)

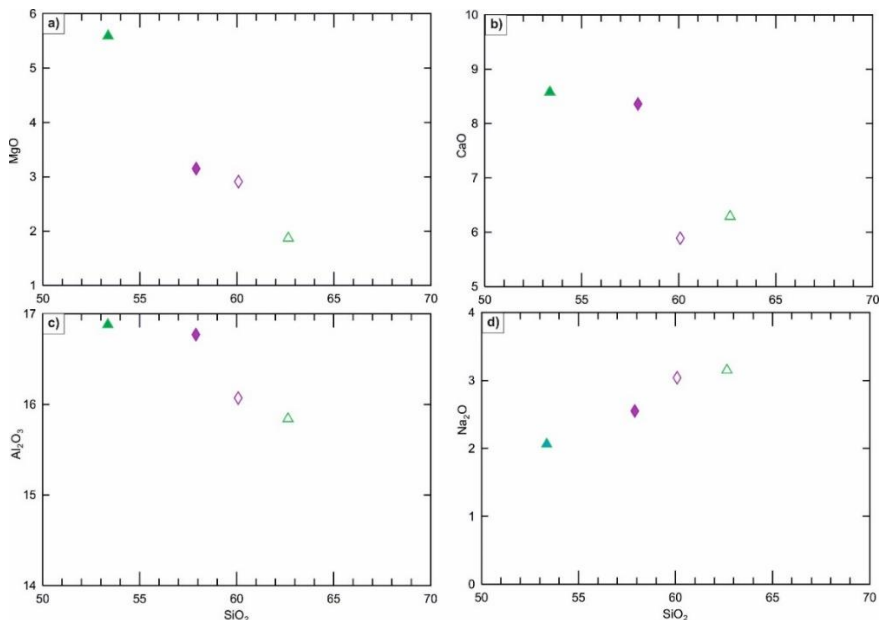


Fig. 4 SiO_2 versus selected major oxide variation diagrams of the investigated rocks. Data from G. Gençoğlu Korkmaz et al. (2021)

The minerals in the rock give information about the elements found in the rock (Table 2). They carry a trace of which elements will be found. For this reason, the identification of the minerals in the rock has a key role in the interpretation of the atomic spectra obtained by the LIBS method. Increasing SiO_2 against decreasing CaO and MgO shows that pyroxenes are fractionated, however, the negative relationship between SiO_2 and Al_2O_3 and the positive relationship between Na_2O and SiO_2 display fractionated plagioclase minerals (Gill, 2010; Rollinson, 1993). These chemical signatures are in agreement with petrographic observations. Moreover, the fact that the enclaves are more primitive with their higher MgO and CaO and lower SiO_2 contents than their hosts suggest that they were formed at an earlier stage

than their hosts and that they are the crystal clots that crystallized in the early stage (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021) (Table 1).

Table.1 The major oxides (wt%) and some of the trace elements (ppm) of studied rocks acquired from the X-ray fluorescence method (XRF) (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021).

Sample	Host rock-1	Enclave-1	Host rock-2	Enclave-2	Sample	Host rock-1	Enclave-1	Host rock-2	Enclave-2
Major oxides (%wt.)					Traces (ppm)				
SiO ₂	53.36	62.65	58.33	63.58	Ba	510	620.6	496.9	707.7
Al ₂ O ₃	16.88	15.84	14.56	15.16	Ni	58	7.1	22.2	8.4
Fe ₂ O ₃	9.39	5.63	7.59	5.64	Co	46.4	49.4	54.1	56.8
MgO	5.59	1.87	3.84	2.55	Hf	3.9	3	4.2	3.3
CaO	8.58	6.29	9.16	6.55	Nb	12.1	7.8	9.4	12
Na ₂ O	2.06	3.15	2.57	2.49	Rb	54.7	96.6	70.1	100
K ₂ O	2	3.3	2.45	2.99	Sr	459.9	532.3	707.2	548.4
TiO ₂	0.55	0.56	0.61	0.53	Th	9.3	18.2	13.2	19.1
P ₂ O ₅	0.19	0.21	0.37	0.19	U	18	18.3	20.8	9
MnO	0.22	0.11	0.14	0.11	Zr	141	145.9	105.4	162.3
Cr ₂ O ₃	0.05	0	0.01	0.01	Y	36.7	19.2	19.7	16.7
Sum	98.87	99.61	99.63	99.8	La	47.8	16.5	31.4	28.4
					Ce	81	47.6	62.1	62.9
					Cu	51.7	30.6	69.7	41.1
					Pb	13.4	18.4	20.6	23.7
					Zn	82.3	44.9	56.5	50.9

Table 2 Simplified petrographical and whole-rock geochemical properties of the studied rocks

Sample	Rock type		Composition	Mineral contents	Chemical composition
144	Host Rock-1	Dacite	Intermediate	Plagioclase, biotite, amphibole, clinopyroxene, Fe-Ti oxide, volcanic glass	Dominantly SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , K ₂ O, Na ₂ O, CaO, more less TiO ₂ more less MgO, FeO,
144E	Enclave-1	Gabbro	Mafic	Plagioclase, clinopyroxene, Fe-Ti oxide	Dominantly SiO ₂ , CaO, MgO, FeO rarely K ₂ O, Na ₂ O, TiO ₂
161	Host Rock-2	Andesite	Intermediate	Plagioclase, Amphibole, clinopyroxene, Fe-Ti oxide, volcanic glass	Dominantly SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , K ₂ O, Na ₂ O, CaO, more less TiO ₂ more less MgO, FeO,
161E	Enclave-2	Gabbro	Mafic	Plagioclase, clinopyroxene, Fe-Ti oxide	Dominantly SiO ₂ , CaO, MgO, FeO rarely K ₂ O, Na ₂ O, TiO ₂

3.2. LIBS data and PCA diagrams of the rocks

Measurement, detection and identification of the peaks of the each element in the LIBS spectra were carried out and spectra have been interpreted and evaluated by comparison these with NIST wavelength dataset which is available electronically. All major elements (Al, Si, Mg, Ca, Fe, O) presented in the major minerals of the rocks, some minors (K, Ti, Na, Mn, Cr) and some traces (Sr, Eu, Zr, La, Nb, Ta, Th, Sm, Sc, V) have been measured and defined on the spectra (Fig 5, 6 and, Table 3). It is noteworthy that some rare earth elements (La, Sm, Eu) and some light elements (Li, Na) could be measured with LIBS (Fig 5, 6 and, Table 3). Especially in enclaves, more elements could be measured and more significant peaks were obtained. While most elements were measured in all investigated rocks, some elements were detected only in host-1 and enclave-1 (Tm), and some were observed only in both enclaves (Sc). Zinc and Li are key elements for clarifying the crustal material addition of the composition of the rocks (Foley et al., 2013) and these elements may be measured by LIBS easily rather than the other conventional analytical techniques. Obtained LIBS data reveal that both enclaves and their hosts contain Li element (Fig 5, 6 and, Table 3).

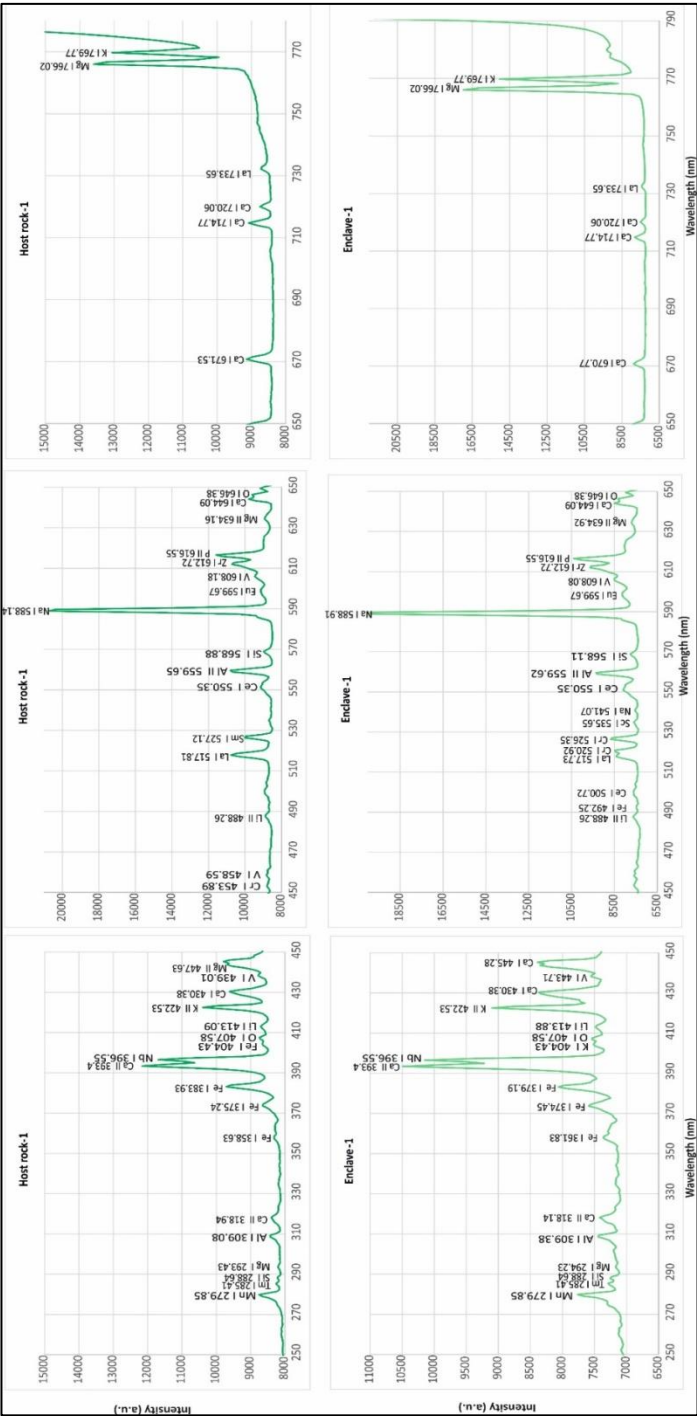


Fig. 5 Elements wavelength vs intensity plots of the Host rock-1 and Enclave-1

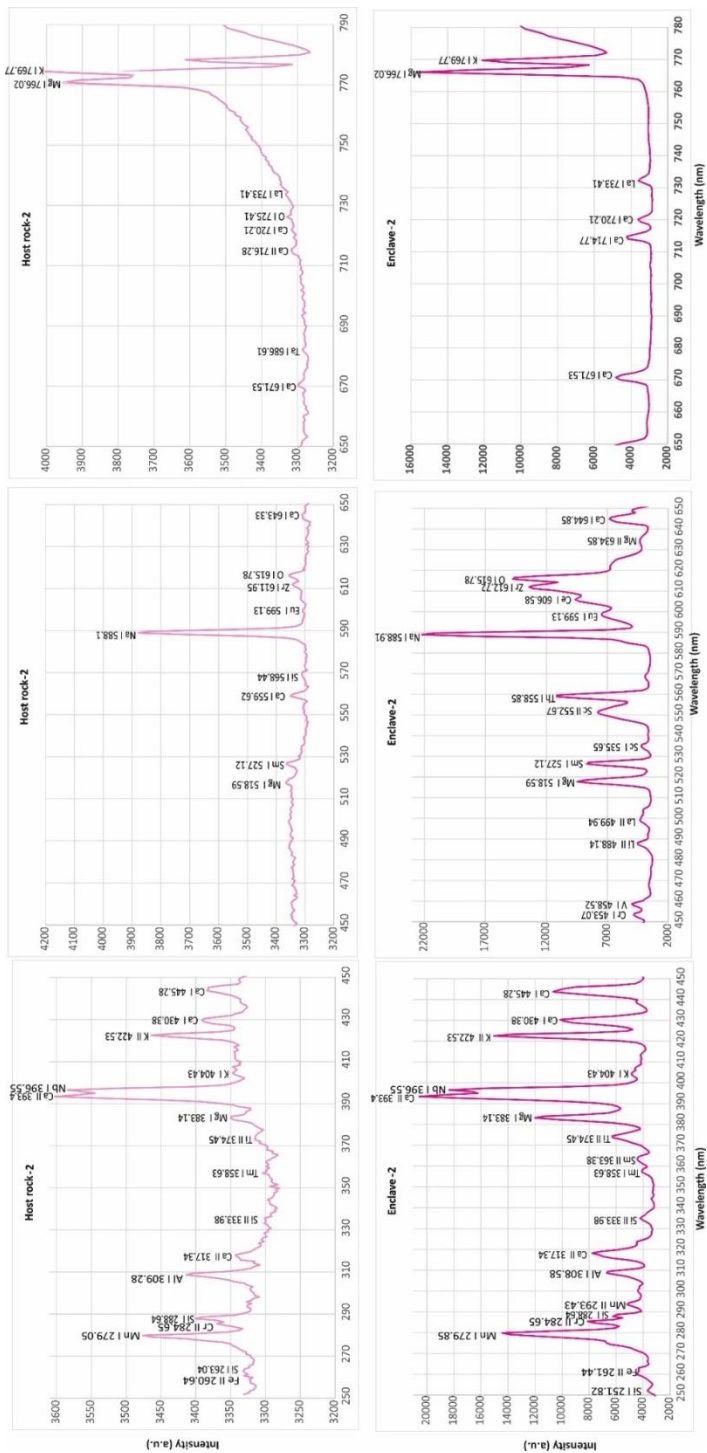


Fig. 6 Elements wavelength vs intensity plots of the Host rock-2 and Enclave-2

Table 3 LIBS data of the investigated rocks and their enclaves

Host rock-1			Enclave-1			Host rock-2			Enclave-2		
Observed Peak	Nist Peak	Element	Observed Peak	Nist Peak	Element	Observed Peak	Nist Peak	Element	Observed Peak	Nist Peak	Element
279.85	279.82	Mn-I	279.85	279.82	Mn-I	260.64	260.65	Fe-II	251.82	251.92	Si-I
285.45	285.41	Tm-I	285.45	285.41	Tm-I	263.04	263.12	Si-I	261.44	261.38	Fe -II
288.64	288.15	Si-I	288.64	288.15	Si-I	279.85	279.82	Mn-I	279.85	279.82	Mn-I
293.43	293.84	Mg-I	294.23	293.84	Mg-I	284.65	284.32	Cr-II	284.65	284.32	Cr-II
309.38	309.28	Al-I	309.38	309.28	Al-I	288.64	288.15	Si-I	287.84	287.95	Mn -II
318.94	318.28	Ca-II	318.14	318.28	Ca-II	309.28	309.28	Al-I	288.64	288.15	Si-I
358.63	358.58	Fe-I	361.83	361.87	Fe-I	317.34	317.93	Ca-II	293.40	293.30	Mn -II
375.24	375.82	Fe-I	374.45	374.55	Fe-I	333.98	333.98	Si-II	308.58	308.21	Al-I
383.93	383.42	Fe-I	379.19	379.50	Fe-I	358.63	358.58	Fe-I	318.14	318.28	Ca-II
393.40	393.36	Ca-II	393.40	393.36	Ca-II	374.45	374.55	Fe -I	323.71	323.62	Fe -I
396.55	396.60	Nb-I	396.55	396.60	Nb-I	383.14	383.23	Mg-I	335.63	335.52	Fe -I
404.43	404.41	K-I	404.22	404.41	K-I	393.40	393.36	Ca-II	358.63	358.58	Fe-I
407.58	407.58	O-I	407.58	407.58	O-I	396.55	396.60	Nb-I	363.38	363.43	Sm-II
413.09	413.26	Li-I	413.88	413.26	Li-I	422.53	422.67	K-II	374.45	374.55	Fe -I
422.53	422.56	K-II	422.53	422.56	K-II	430.38	430.25	Ca-I	383.14	383.23	Mg-I
430.38	430.25	Ca-I	429.59	429.41	Zr-I	445.28	445.47	Ca-I	393.40	393.36	Ca-II
439.01	439.53	V-I	430.38	430.25	Ca-I	488.26	488.14	Li-II	396.55	396.60	Nb-I
447.63	448.12	Mg-II	439.01	439.53	V-I	518.59	518.36	Mg-I	404.43	404.41	K-I
458.89	458.64	V-I	443.71	443.78	V-I	527.12	527.14	Sm-I	406.01	406.02	Ti -I
488.26	488.14	Li-II	445.28	445.47	Ca-I	559.62	558.19	Ca-I	422.53	422.56	K-II
517.81	517.71	La-I	488.26	488.14	Li-II	568.44	568.44	Si-I	430.38	430.25	Ca-I
527.12	527.14	Sm-I	492.15	492.05	Fe-I	588.14	588.90	Na-I	443.71	443.78	V-I
500.72	500.90	Ce-I	500.72	500.90	Ce-I	599.67	599.28	Eu-I	453.11	453.60	Cr-I
550.35	552.41	Sr-I	517.81	517.73	La -I	611.95	612.20	Zr-I	458.59	458.64	V-I
559.65	559.33	Al-II	520.92	520.84	Cr-I	615.78	615.81	O-I	488.26	488.37	Li-II
588.14	588.90	Na-I	526.35	526.41	Cr-I	643.33	643.90	Ca-I	499.94	499.46	La-II
599.67	599.28	Eu-I	535.65	535.60	Sc-I	671.53	671.76	Ca-I	518.59	518.36	Mg-I
608.18	608.14	V-I	550.35	552.41	Sr-I	686.10	686.10	Ta-I	527.12	527.14	Sm-I
612.72	612.74	Zr-I	559.62	559.33	Al-II	716.28	716.54	Ca-II	535.65	535.60	Sc-I
616.55	616.55	P-II	568.11	568.44	Si-I	720.21	720.21	Ca-I	551.12	551.20	Ce -II
634.16	634.67	Mg-II	588.91	588.90	Na-I	725.41	725.41	O-I	558.85	558.70	Th-I
646.38	645.59	O-I	608.08	608.14	V-I	733.41	733.41	La-I	568.11	568.45	Si -I
650.20	650.40	Na-I	612.72	612.74	Zr-I	766.02	765.99	Mg-I	588.91	588.90	Na-I
671.53	671.76	Ca-I	616.55	616.55	P-II	769.77	769.89	K-I	599.13	599.28	Eu-I
714.77	714.81	Ca-I	634.92	634.67	Mg-I				606.58	606.95	Ce -I
733.65	733.41	La-I	644.09	644.98	Ca-I				612.72	612.74	Zr-I
766.02	765.99	Mg-I	646.38	645.59	O-I				615.78	615.81	O-I
769.77	769.89	K-I	670.77	671.76	Ca-I				634.85	634.67	Mg-I
			714.77	714.81	Ca-I				644.85	644.98	Ca-I
			720.06	720.21	Ca-I				671.53	671.76	Ca-I
			724.59	725.41	O-I				714.77	714.81	Ca-I
			733.65	733.41	La-I				720.21	720.22	Ca-I
			766.02	765.99	Mg-I				733.65	733.41	La-I
			769.77	769.89	K-I				766.02	765.99	Mg-I
									769.77	769.89	K-I

The host rocks and enclaves were successfully differentiated from each other by using principal component analysis (PCA) technique shown in fig 7. The studied rocks have overlapped in PCA1 but have been discriminated in PCA2. The enclaves are located in close circles with their hosts, which indicates that they are related to their hosts and that they may be crystal clusters which crystallized and separated from the same magma at an early stage (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021). Moreover, it is interesting that the enclaves, which exhibit similar petrographical and geochemical features, are located in quite different areas with the PCA and show that they are different types of enclaves. It supports the idea that rather than the presence of a large gabbroic mass underground, and that the phases crystallized in the early phase were transported by convection and included in the hosts (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021).

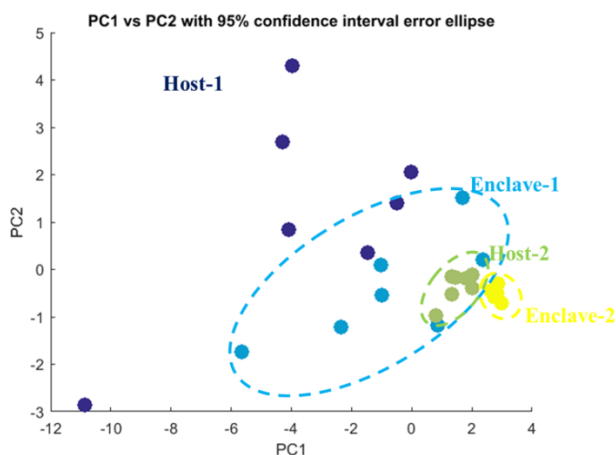


Fig.7 PCA diagram of the investigated rocks

3.3. Plasma characterization

To evaluate the laser-produced plasma based on the optical emission studies, the plasma should be optically thin and follows the local thermodynamic equilibrium (LTE) conditions (Umar et al., 2020). We used Ca I and II for all calculations and the Boltzmann plots. After the excitation temperature was calculated using the Boltzmann plot method (J. Aguilera & Aragón, 2007; J. A. Aguilera & Aragón, 2004), we evaluated the electron densities based on the NIST database and Corliss and Bozman (1966).

We have utilized the intensity ratio method for each sample to determine whether the plasma optical thickness was appropriate for the CF-LIB (Cremers & Radziemski, 2006; Unnikrishnan et al., 2012).

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1 g_1 \lambda_2}{A_2 g_2 \lambda_1} \exp\left(-\frac{|E_1 - E_2|}{K_B T_e}\right) \quad (1)$$

$I_1; I_2$ = Intensity (measured)

$\lambda_1; \lambda_2$ = Wavelengths

$A_1; A_2$ = Transition probability

$g_1; g_2$ = Statistical weights

$E_1; E_2$ = Upper level energies

K_B = Boltzmann constant,

T_e = Plasma temperature

We have calculated A and g values based on Corliss and Bozman (1966) by making interpolations according to upper and lower wavelength for each element having a spectral line (Supplementary files S1). To determine the intensity ratios, we have used the emission lines having the same or very close upper level energies to reduce the temperature dependence as in Umar et al. (2020). The measured intensity ratios and values evaluated from the NIST database 2018 and Corliss and Bozman (1966) are in accordance with each other (<10%). Thus, produced-plasma for each sample satisfies the optically thin condition.

To execute LTE condition, the most critical factor is plasma temperature. The slope of Boltzmann plot yields the plasma temperature (Fig. 8). The Boltzmann plots of the investigated rocks are based on the selected calcium lines and exhibit a good linearity (R^2 values are close to 0). The plasma temperature of each samples has been detected from the slope of this line and ranges between 7724 and 5209.8 K (Table 4).

One of the most significant parameters is electron number density (Ne), is essential both for the plasma characterization as well as for the detection of chemical composition of any sample could be calculated by following Stark broadened line profile formula (Griem 1997; Cremers and Radziemski 2006):

$$\Delta\lambda_{1/2} = 2w \left(\frac{N_e}{10^{16}} \right) \quad (2)$$

where w is the Stark broadening parameter which is 0.00698 nm for Ca I line and $\lambda_{1/2}$ is the FWHM of the line due to Stark broadening. This requires that the electron number density in the plasma should exceed the certain critical value given by the McWhirter criterion (Cristoforetti, Aglio, & Legnaioli, 2009; Fujimoto & McWhirter, 1990). Therefore, calculated Ne values are correlated the values obtained from the following

McWhirter criterion formula;

$$N_e(cm^{-3}) \geq 1.6 \times 10^{12} T_e^{1/2} (\Delta E)^3 \quad (3)$$

where ΔE (eV) and $T(K)$ are the energy differences between the upper and lower levels and plasma temperature obtained from the Boltzmann plots, respectively. The calculated electron number densities using the the Stark broadened line profile of Ca I at 393.4 nm are 1.038×10^{18} , 1.07×10^{18} , 7.879×10^{17} , 2.1489×10^{19} which are much higher than estimated from formula 3 (1.304×10^{15} , 1.088×10^{15} , 1.45×10^{15} , 5.302×10^{12}) (Table 4). According to all calculations, the plasma may be considered to be close to LTE and we can use the data measured by CF-LIBS method to calculate the chemical compositions of the rocks.

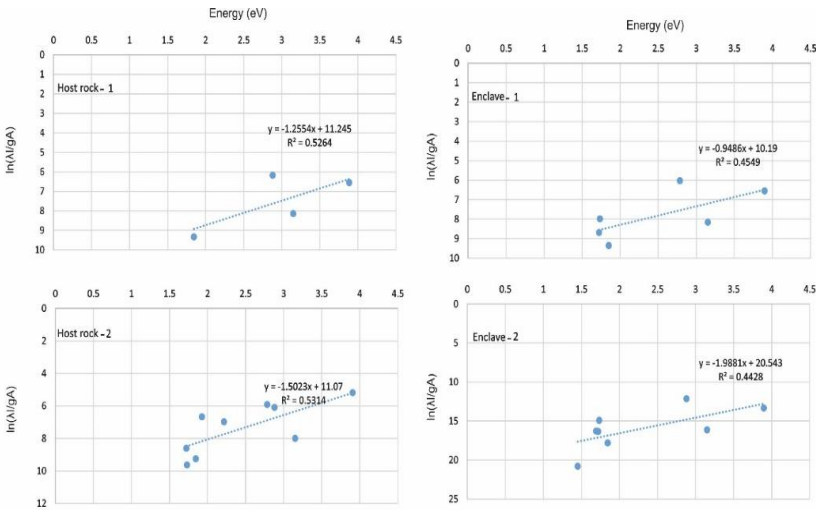


Fig.8 Boltzmann Plots of the investigated volcanic rocks and their enclaves

Table 4 The plasma characteristics of the investigated rocks and their enclaves

I(14H)	Element	Ionic T.	Wavelength	Nist peak	A (*10 ⁸ /sec)	g	E (eV)	M (Slope)	T (K)	Ne
2537	Ca	II	318.94	318.28	3.09992378	0.48004573	3.88725152	-1.255380901	9243.766926	1.038*10 ¹⁸
3133	Ca	II	393.4	393.36	0.905637931	0.20905172	3.15149975			
2776	Ca	I	430.38	430.25	5.759309021	1.62216891	2.88071007			
2682	Ca	I	671.53	671.76	0.23619381	0.15746254	1.84623174	-0.948582622	12233.46093	1.075*10 ¹⁸
I(14E)	Element	Ionic T.	Wavelength	Nist peak	A (*10 ⁸ /sec)	g	E (eV)			
2538	Ca	II	318.14	318.28	3.09992378	0.48004573	3.89702647			
3189	Ca	II	393.4	393.36	0.905637931	0.20905172	3.15149975			
2849	Ca	I	445.28	445.47	6.849424084	2.00900524	2.78431549			
2724	Ca	I	670.77	671.76	0.23619381	0.15746254	1.84832357			
2806	Ca	I	714.77	714.81	0.949257788	0.72940414	1.73454398	-1.50231838	7724.360295	7.879*10 ¹⁷
2711	Ca	I	720.06	720.21	0.455005551	0.35147483	1.72180096			
I(16H)	Element	Ionic T.	Wavelength	Nist peak	A (*10 ⁸ /sec)	g	E (eV)			
2526	Ca	II	317.34	317.93	14.09317073	2.21073171	3.9068507			
2714	Ca	II	393.4	393.36	0.905637931	0.20905172	3.15149975			
2545	Ca	I	430.38	430.25	5.759309021	1.62216891	2.88071007			
2538	Ca	I	445.28	445.47	6.849424084	2.00900524	2.78431549			
2521	Ca	I	559.62	558.19	2.35	1.102	2.2154319	-0.222739121	52098.83384	2.1489*10 ¹⁹
2490	Ca	I	643.33	643.9	3.148181818	0.00909462	1.92716024			
2465	Ca	I	671.53	671.76	0.23619381	0.15746254	1.84623174			
2473	Ca	II	716.28	716.54	0.13659675	0.46261392	1.73088736			
2489	Ca	I	720.06	720.2194	0.455005551	0.35147483	1.72180096			
I(16E)	Element	Ionic T.	Wavelength	Nist peak	A (*10 ⁸ /sec)	g	E (eV)			
2886	Ca	II	318.14	318.28	3.09992378	0.48004573	3.89702647	-0.222739121	52098.83384	2.1489*10 ¹⁹
4891	Ca	II	393.4	393.36	0.905637931	0.20905172	3.15149975			
4101	Ca	I	430.38	430.25	5.759309021	1.62216891	2.88071007			
3033	Ca	I	671.53	671.76	0.236071816	0.15738121	1.84623174			
2951	Ca	I	714.77	714.81	0.949257788	0.72940414	1.73454398			
2812	Ca	I	720.06	720.2194	0.455005551	0.35147483	1.72180096			
2815	Ca	I	732.14	732.6146	0.468850436	0.36885044	1.69339197			
2877	Ca	II	854.09	854.2	0.045882097	0.04978759	1.45160346			

4. Conclusions

The identification/classification of the volcanic rocks and their enclaves outcropped the Karapınar-Karacadağ area (Konya-Turkey) was realized by utilizing CF-LIBS. Also, here we correlated these results with previous XRF data. According to LIBS data and previous XRF data, the major elements measured and defined by both methods were O, Si, Al, Ca, Mg, and Fe along with the minors of K, Ce, La, Sr, and Zr. Except for these elements, some rare earths (Sm, Eu, Tm) and light elements (Li, Na) which are paramount for the ore mineralogist and petrologists are measured by the LIBS. The chemical compositions of the rocks estimated using both techniques were in a harmony with each other.

For the application of CF-LIBS, the plasma temperature and electron density are obtained from the Boltzmann plot and Starkbroadened profile of Ca I-393.4 nm respectively as a function of incident laser energies. These plasma parameters are convenient for the CF-LIBS technique to evaluate the concentration of all the elements in the investigated rocks.

Based on all obtained results we could report that LIBS can be used for analytical analysis of the rocks without the need of huge sample preparations or complicated technical procedures. The implementation of the CF-LIBS method is useful for practical application in the rapid analysis of the composition of any rock and mineral. Both petrologically and economically critical elements such as rare earth elements and light elements could be

detected easily by the CF-LIBS. The rocks having petrographical properties and chemical compositions were very close to each other could be discriminate each other easily by using PCAs with the help of LIBS data. PCA diagrams of the investigated rocks reveal that both enclaves and host rocks are different from each other. However, it can be said that each enclave exhibits a composition close to its own host. In other words, it could be inferred that each enclave is related to its own host rock and is chemically similar to the composition of its host. That supports the idea that these enclaves are MSE enclaves consisting of early crystallized phases associated with the host rock, as mentioned in the previous studies (G. Gençoğlu Korkmaz et al., 2021).

5. References

- Abedin, K. M., Haider, A., Rony, M., & Khan, Z. (2011). Identification of multiple rare earths and associated elements in raw monazite sands by laser-induced breakdown spectroscopy. *Optics & Laser Technology*, 43, 45-49. doi:10.1016/j.optlastec.2010.05.003
- Aguilera, J., & Aragón, C. (2007). Multi-element Saha-Boltzmann and Boltzmann plots in laser-induced plasmas. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 62(4), 378-385.
- Aguilera, J. A., & Aragón, C. (2004). Characterization of a laser-induced plasma by spatially resolved spectroscopy of neutral atom and ion emissions.: Comparison of local and spatially integrated measurements. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 59(12), 1861-1876.
- Alberghina, M. F., Barraco, R., Brai, M., Schillaci, T., & Tranchina, L. (2011). Comparison of LIBS and μ -XRF measurements on bronze alloys for monitoring plasma effects. *Journal of Physics: Conference Series*, 275, 012017. doi:10.1088/1742-6596/275/1/012017
- Barbarin, B., & Didier, J. (1991). *Enclaves and granite petrology*.
- Barbarin, B., & Didier, J. (1992). Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various types of interaction between coexisting felsic and mafic magmas. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 83(1-2), 145-153.
- Best, M. G. (2003). *Igneous and metamorphic petrology* (2 ed.): John Wiley & Sons.

- Bhatt, C., Jain, J., Goueguel, C., McIntyre, D., & Singh, J. (2018). Determination of Rare Earth Elements in Geological Samples Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). *Appl Spectrosc*, 72, 114-121. doi:10.1177/0003702817734854
- Cantagrel, J.-M., Didier, J., & Gourgaud, A. (1984). Magma mixing: origin of intermediate rocks and “enclaves” from volcanism to plutonism. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 35(1), 63-76. doi:https://doi.org/10.1016/0031-9201(84)90034-7
- Corliss, C., & Bozman, W. (1966). Experimental transition probabilities for spectral lines of seventy elements; derived from the NBS Tables of spectral-line intensities.
- Cousin, A., Sautter, V., Fabre, C., Maurice, S., & Wiens, R. C. (2012). Textural and modal analyses of picritic basalts with ChemCam Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 117(E10). doi:https://doi.org/10.1029/2012JE004132
- Cremers, D. A., & Radziemski, L. J. (2006). Basics of the LIBS Plasma. *Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*, 23-52.
- Cristoforetti, G., Aglio, M. D., & Legnaioli, S. (2009). Local thermodynamic equilibrium in laser-induced breakdown spectroscopy: Beyond the McWhirter criterion beyond the McWhirter criterion. *Spectrochim. Acta Part B*, 65, 86-95.
- Dahlquist, J. (2002). *Mafic microgranular enclaves: Early segregation from metaluminous magma (Sierra de Chepes), Pampean Ranges, NW Argentina* (Vol. 15).
- De Lucia, F. C., & Gottfried, J. L. (2011). Rapid analysis of energetic and geo-materials using LIBS. *Materials Today*, 14(6), 274-281. doi:https://doi.org/10.1016/S1369-7021(11)70142-0
- Didier, J. (1991). The different types of enclaves in granites-Nomenclature. *Enclaves and granite petrology*.
- Foley, S. F., Prelevic, D., Rehfeldt, T., & Jacob, D. E. (2013). Minor and trace elements in olivines as probes into early igneous and mantle melting processes. *Earth and Planetary Science Letters*, 363, 181-191. doi:https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.11.025
- Fujimoto, T., & McWhirter, R. W. P. (1990). Validity criteria for local thermodynamic equilibrium in plasma spectroscopy. *Physical Review A*, 42(11), 6588-6601. doi:10.1103/PhysRevA.42.6588

- Gençoğlu Korkmaz, G., Gündoğdu, Y., Kılıç, H. Ş., & Kurt, H. (2021, 10-12 April). *Determination Of The Element Contents Of The Geological Rock Samples With The Help Of Cf-Libs*. Paper presented at the II.International Hazar Scientific Researchesconference, Khazar University, Baku, Azerbaijan.
- Gençoğlu Korkmaz, G., Kurt, H., & Asan, K. (2021). Classification and Generation of the Enclaves in Karapınar-Karacadağ Volcanic Rocks (Central Anatolia). *Turkish Journal of Geosciences*, 30-46. doi:10.48053/turkgeo.1018063
- Gill, R. (2010). Igneous Rocks and Processes: A Practical Guide. *The Geographical Journal*, 176(4), 375-376. doi:doi:10.1111/j.1475-4959.2010.00380_9.x
- Gondal, M. A., Nasr, M. M., Ahmed, Z., & Yamani, Z. H. (2009). Determination of trace elements in volcanic rock samples collected from cenozoic lava eruption sites using LIBS. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 44(5), 528-535.
- Gottfried, J. L., Harmon, R. S., De Lucia, F. C., & Miziolek, A. W. (2009). Multivariate analysis of laser-induced breakdown spectroscopy chemical signatures for geomaterial classification. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 64(10), 1009-1019. doi:https://doi.org/10.1016/j.sab.2009.07.005
- Hamad, T., Alaa, H., Salloom, H., & Ghazai, A. (2018). Calibration Free Laser Induced Breakdown Spectroscopy (CF-LIBS) as a tool for Quantitative Elemental Analysis of Iraqi Cement. doi:10.22401/SIC.I.08]
- Hark, R., & Harmon, R. (2014). Geochemical Fingerprinting Using LIBS. *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Theory and Applications*, 182, 309-344. doi:10.1007/978-3-642-45085-3-12
- Harmon, R., Remus, J., McMillan, N., McManus, C., Collins, L., Gottfried, J., . . . Miziolek, A. (2009). LIBS analysis of geomaterials: Geochemical fingerprinting for the rapid analysis and discrimination of minerals. *Applied Geochemistry*, 24, 1125-1141. doi:10.1016/j.apgeochem.2009.02.009
- Harmon, R. S., Lawley, C. J. M., Watts, J., Harraden, C. L., Somers, A. M., & Hark, R. R. (2019). Laser-Induced Breakdown Spectroscopy—An Emerging Analytical Tool for Mineral Exploration. *Minerals*, 9(12), 718. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2075-163X/9/12/718>

- Harmon, R. S., Remus, J., McMillan, N. J., McManus, C., Collins, L., Gottfried, J. L., . . . Miziolek, A. W. (2009). LIBS analysis of geomaterials: Geochemical fingerprinting for the rapid analysis and discrimination of minerals. *Applied Geochemistry*, 24(6), 1125-1141. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2009.02.009>
- Harmon, R. S., Russo, R. E., & Hark, R. R. (2013). Applications of laser-induced breakdown spectroscopy for geochemical and environmental analysis: A comprehensive review. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 87, 11-26.
- Harmon, R. S., Throckmorton, C. S., Hark, R. R., Gottfried, J. L., Wörner, G., Harpp, K., & Collins, L. (2018). Discriminating volcanic centers with handheld laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS). *Journal of Archaeological Science*, 98, 112-127. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.07.009>
- İlbeyli, N., & Pearce, J. (2005). *Petrogenesis of Igneous Enclaves in Plutonic Rocks of the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey* (Vol. 47).
- Kadioglu, Y. K., & Gülec, N. (1996). Mafic Microgranular Enclaves and Interaction Between Felsic and Mafic Magmas in the Agacoren Intrusive Suite: Evidence from Petrographic Features and Mineral Chemistry. *International Geology Review*, 38(9), 854-867.
- Kadioğlu, Y. K., & Güleç, N. (1999). Types and genesis of the enclaves in Central Anatolian granitoids. *Geological Journal*, 34, 243-256. doi:10.1002/(SICI)1099-1034(199907/09)34:3<243::AID-GJ825>3.0.CO;2-#
- Kalam, S. A., Rao, S. B. M., Jayananda, M., & Rao, S. V. (2020). Standoff femtosecond filament-induced breakdown spectroscopy for classification of geological materials. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 35(12), 3007-3020.
- Kocak, K., Zedef, V., & Kansun, G. (2011). Magma mixing/mingling in the Eocene Horoz (Nigde) granitoids, Central southern Turkey: evidence from mafic microgranular enclaves. *Mineralogy and Petrology*, 103(1-4), 149-167. doi:10.1007/s00710-011-0165-7
- Kumar, S. (2010). Mafic to hybrid microgranular enclaves in the Ladakh batholith, northwest Himalaya: Implications on calc-alkaline magma chamber processes. *Journal of the Geological Society of India*, 76(1), 5-25. doi:10.1007/s12594-010-0080-2

- Kumar, S., Rino, V., & Pal, A. (2004). Field evidence of magma mixing from microgranular enclaves hosted in Palaeoproterozoic Malanjhand granitoids, central India. *Gondwana Research*, 7(2), 539-548.
- Kumar, S., & Singh, R. (2014). *Modelling of Magmatic and Allied Processes*.
- Lasheras, R., Bello-Gálvez, C., & Anzano, J. (2010). Identification of polymers by libs using methods of correlation and normalized coordinates. *Polymer testing*, 29(8), 1057-1064.
- Lawley, C. J. M., Somers, A. M., & Kjarsgaard, B. A. (2021). Rapid geochemical imaging of rocks and minerals with handheld laser induced breakdown spectroscopy (LIBS). *Journal of Geochemical Exploration*, 222, 106694. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2020.106694>
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., & Zanettin, B. A. (1986). A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *J. Petrol*, 127, 745.
- Miziolek, A. W., Palleschi, V., & Schechter, I. (2006). *Laser induced breakdown spectroscopy*: Cambridge university press.
- Muhammed Shameem, K. M., Dhanada, V. S., Harikrishnan, S., George, S. D., Kartha, V. B., Santhosh, C., & Unnikrishnan, V. K. (2020). Echelle LIBS-Raman system: A versatile tool for mineralogical and archaeological applications. *Talanta*, 208, 120482. doi:<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120482>
- Musazzi, S., & Perini, U. (2014). Laser-induced breakdown spectroscopy. *Springer Series in Optical Sciences*, 182.
- Noyes, J. H., A.F., F., & Wones, D. R. (1983). *A Tale of Two Plutons: Geochemical Evidence Bearing on the Origin and Differentiation of the Red Lake and Eagle Peak Plutons, Central Sierra Nevada, California* (Vol. 91).
- Özdamar, Ş., Zou, H., Billor, Z., & Hames, W. (2020). Petrogenesis of mafic microgranular enclaves (MMEs) in the Oligocene-Miocene granitoid plutons from northwest Anatolia, Turkey. *Geochemistry*, 125713. doi:[10.1016/j.chemer.2020.125713](https://doi.org/10.1016/j.chemer.2020.125713)
- Panya panya, S. N., Galmed, A. H., Maaza, M., Mothudi, B. M., Harith, M. A., & Kennedy, J. (2018). Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) on Geological Samples: Compositional Differentiation. *MRS Advances*, 3(34-35), 1969-1983. doi:[10.1557/adv.2018.401](https://doi.org/10.1557/adv.2018.401)

- Remus, J., Gottfried, J., Harmon, R., Draucker, A., Baron, D., & Yohe, R. (2010). Archaeological Applications of Laser-induced Breakdown Spectroscopy: An Example from the Coso Volcanic Field, California, Using Advanced Statistical Signal Processing Analysis. *Applied Optics - APPL OPT*, 49. doi:10.1364/AO.49.00C120
- Rollinson, H. R. (1993). Using geochemical data: evaluation. *Presentation, interpretation*. Singapore. *Ongman*.
- Roux, C. P. M., Rakovský, J., Musset, O., Monna, F., Buoncristiani, J. F., Pellenard, P., & Thomazo, C. (2015). In situ Laser Induced Breakdown Spectroscopy as a tool to discriminate volcanic rocks and magmatic series, Iceland. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 103-104, 63-69. doi:https://doi.org/ 10.1016/j.sab.2014.11.013
- Tognoni, E., Cristoforetti, G., Legnaioli, S., & Palleschi, V. (2009). Calibration-Free Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: State of the art. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 1-14. doi:10.1016/j.sab.2009.11.006
- Umar, Z. A., Liaqat, U., Ahmed, R., & Baig, M. A. (2020). Classification of nephrite using calibration-free laser induced breakdown spectroscopy (CF-LIBS) with comparison to laser ablation–time-of-flight–mass spectrometry (LA-TOF-MS). *Analytical Letters*, 53(2), 203-216.
- Unnikrishnan, V., Mridul, K., Nayak, R., Alti, K., Kartha, V., Santhosh, C., . . . Suri, B. (2012). Calibration-free laser-induced breakdown spectroscopy for quantitative elemental analysis of materials. *Pramana*, 79(2), 299-310.
- Winter, J. D. (2001). *An introduction to igneous and metamorphic petrology*: Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Wold, S., Esbensen, K., & Geladi, P. (1987). Principal component analysis. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 2(1-3), 37-52.
- Yueh, F.-Y., Zheng, H., Singh, J. P., & Burgess, S. (2009). Preliminary evaluation of laser-induced breakdown spectroscopy for tissue classification. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 64(10), 1059-1067.
- Zhang, G., Peng, R., Qiu, H., Wen, H., Feng, Y., Chen, B., . . . Liu, T. (2020). Origin of Northeast Fujian Basalts and Limitations on the Heterogeneity of Mantle Sources for Cenozoic Alkaline Magmatism across SE China: Evidence from Zircon U-Pb Dating, Petrological, Whole-Rock Geochemical, and Isotopic Studies. *Minerals*, 10(9), 770.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 26



**Existence of Travelling Wave Solution in Science
(Esen Hanaç)**

Existence of Travelling Wave Solution in Science

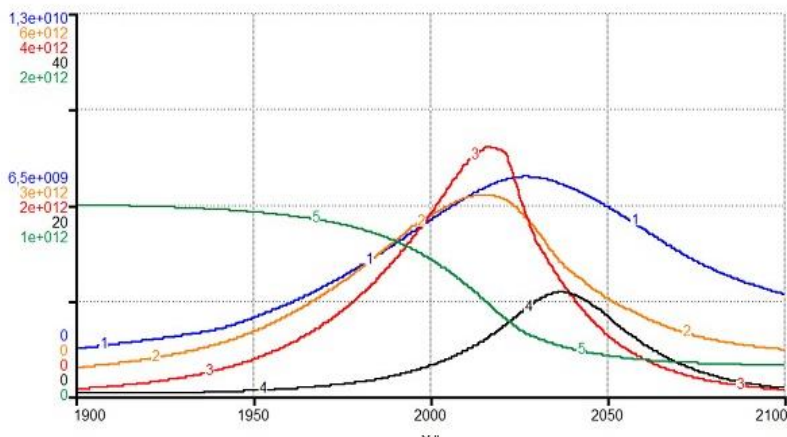
Dr. Esen Hanaç

Department of Mathematics, Adiyaman University, Adiyaman, Turkey

E-mail: ehanac@adiyaman.edu.tr

1. Introduction

A dynamic system is a mathematical formula that expresses the time-dependent variation of the position of a point in its environment for each constant. It is a numerical modeling method that aims to understand the behavior of nonlinear systems and to develop new policies in the desired direction, expressing it more comprehensively by getting rid of the mathematical definition. The complex system defined by the nonlinear system is a system in which there is difficulty in modeling the relations due to the increase in time and data; that is, the relations are not linear. The behavior of this system is defined as the time-dependent changes of the system-related variables, the x-axis of which is time in any graph. We can also define behavior as how values such as profit, new products, or sales change over time. These values can increase, decrease, increase and remain stable, fluctuate, or show all of these changes as a behavior. Perceiving the behavior of this system is essentially building a model. In mathematics, a complex system is called a system of differential equations with one or more nonlinear terms, that is, nonlinear dynamical systems. It is enough to solve this system of equations to understand the behavior of the system, and we can also look at this solution as developing a policy as mentioned above. For example, changes made during the collection process, combined with other delays, cause constant fluctuations in the financial system. By trying different scenarios, it is possible to find out how the system will behave. These scenarios can be implemented on the model in a shorter time and more cost-effectively. At this stage, the model turns into an effective learning and decision-making tool. All the variables that make up the model are numeric. When we think financially, stocks are integrally modeled as flows and derivatives. A simulation program is created using modeling with the help of a computer. The simulation program reports the behavior of the modeled system based on time using the given numerical data. Below is a sample graph created by the simulation program, showing the change in the modeled system's behavior over time.



Graph 1.

This graph is easily drawn by writing the function corresponding to the five different data sets instead of the data in the created program. Some countries are already using these programs to determine their country's strategies. America and China conduct their environmental negotiations through this dynamic system model. Many national companies, such as Dupont, that enable many of the smart devices in the world to work, resort to dynamic systems to determine their strategies. In general, we can say that dynamic systems are a tool for understanding, learning, and reinforcing learning, in short. As a result, dynamic systems and the mathematical model of the system play an important role in determining the city dynamics, growth limits, education system, economic base cycles, and strategic planning of a country. The higher the acceleration of the mathematical model adapted from the dynamic system used in a country, the higher the development level of that country is directly proportional to the acceleration.

A partial differential equation (PDE) is an equation that consists of a dependent variable (the unknown function) and several independent variables. PDEs come into play when there is more than one independent variable to be considered in a system. These PDEs could be linear or nonlinear, as the case may be. An equation is said to be linear if its unknown function and derivatives are linear, and nonlinear if otherwise. Linear and nonlinear PDEs occur in many applications and play a prominent role in the fields of engineering and applied sciences, in which real-life processes and phenomena are described by them. As a result of the complexity of nature, virtually all processes and phenomena in science and engineering are inherently nonlinear, which means they are described by nonlinear partial differential equations (NPDE) as there are several conditions and parameters to be considered

in the system. NPDE research has spread across practically all sectors of science and engineering (Britton, 1986, Broadbridge and Rogers, 1993, Fitzhugh, 1961, Hill and Smyth, 1990, Ludford, 1986). The Huxley equation is critical in the (Dai et. al, 2016) since it is a type of nonlinear evolution equation (i.e., propagation equation) which thus describes neuronal regeneration. Numerous biological reactions have been found in the literature.

In this chapter, we will search at the Huxley equation, which is as shown in:

$$u_t = u_{xx} + Bu(1 - u^\gamma)(u^\gamma - e). \quad (1)$$

where B, e and γ are parameters with $0 < e < 1$, B is greater and equal to 0. As we have already acknowledged, the nonlinear diffusion equation (1) is fundamental in nonlinear physics. The accurate solution of nonlinear partial differential equations, if possible, improves numerical solver verification and solution long-term stability.

It can also provide a variety of physical data and insight into the physical characteristics of the nonlinear physical challenge. The equation has become one of the most well-known versions of nonlinear differential equations as a result of its use in mathematical biology, diffusion dynamics, neuro physics, liquid crystals, and other fields.

In this chapter, our goal is to use the presented method to obtain exact traveling wave solutions for the Huxley equation in modified form.

2. Establishment Of Solutions For Traveling Waves

Hodgkin and Huxley were the first to apply the Huxley equation to predict the quantitative behavior of a model nerve (Hodgkin and Huxley, 1952). Malfliet and Hereman developed the tanh techniques to determine appropriate solutions to nonlinear evolution equations including the KDV model, coupled schrodinger-KdV model, and KDV-Burgers model (Malfliet, 1996). These exact solutions are impracticable for minor coefficients of viscosity due to the unstable fusion of serious solutions revealed in Miller's work (Miller, 1996). The accurate solution of nonlinear partial differential equations, if achievable, improves numerical solver verification and solution long-term stability. It can also provide a variety of physical data and insight into the physical features of the nonlinear physical challenge. The equation has become one of the most well-known forms of nonlinear differential equations as a consequence of the use of mathematical biology, diffusion dynamics, neuro physics, liquid crystals, and other disciplines. For the purpose of this research, we implement the following Huxley equation when $B=1$ and $e=0$ in the presented equation (1),

$$u_t = u_{xx} + (1 - u^\gamma)u^{\gamma+1}. \quad (2)$$

When the variables from Wazwaz's (Wazwaz, 2007) proposed technique are plugged in and then substituted into equation (2), we get

$$c\lambda \frac{dU(E)}{dE} + c^2 \frac{d^2 U(E)}{dE^2} + U(E)^{\gamma+1}(1 - U(E)^\gamma) = 0, \quad (3)$$

with $u(x, t) = U(E) = U(c(x - \lambda t))$. We presume that $U(E)$ and $U'(E)$ gravitate to 0 as E approaches infinity, and therefore that Y tends to 1. Following a few minor computations, we get at the tanh form of the solution, as shown below

$$Q(Y) = d_0(1 - Y)^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (4)$$

Finally, there is the whole algebraic equations system:

$$Y^{\gamma} \sqrt{\gamma(1 - Y)} : -d_0^{2\gamma+1} - \frac{d_0}{2\gamma} c^2 + d_0 c^2 = 0$$

$$Y^{\gamma} \sqrt{\gamma(1 - Y)} : 2d_0^{2\gamma+1} - d_0^{\gamma+1} - \frac{d_0}{\gamma} c^2 + d_0 c^2 - \frac{d_0 c \lambda}{\gamma} = 0$$

$$\sqrt{\gamma(1 - Y)} : -\frac{d_0 c \lambda}{\gamma} - \frac{d_0}{2\gamma} c^2 + d_0^{\gamma+1} - d_0^{2\gamma+1} = 0. \quad (5)$$

With the aid of Matlab, we can acquired all of these variables:

$$d_0 = \sqrt{\frac{1}{2}}, \quad \lambda = -\frac{c}{2}, \quad c = \pm \sqrt{\frac{\gamma}{2(2\gamma-1)}}. \quad (6)$$

We get final form solutions of the nonlinear diffusion problem in modified form (2) by applying appropriate the values provided in (6), which are established in travelling wave patterns.

$$u(x, t) = \sqrt{\frac{1}{2}} \left(1 - \tanh \left(\pm \sqrt{\frac{\gamma}{2(2\gamma-1)}} \left(x \mp \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\gamma}{2(2\gamma-1)}} \right) \right) \right)^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (7)$$

In moreover, we computely analyse the solitary wave structure solutions for expansion in (7):

When $\gamma = 1$ with positive c the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form with increasing time is shown in figure 1.

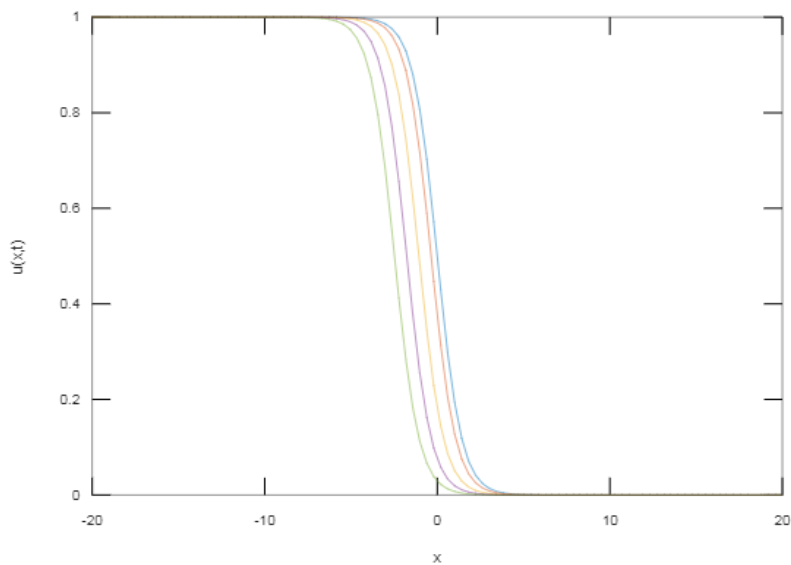


Figure 1: the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form for $\gamma = 1$ with increasing time, $t=0$ (blue), $t=1$ (pink), $t=3$, $t=5$ and $t=7$.

When $\gamma = 3$, with positive c the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form with increasing time is shown in figure 2.

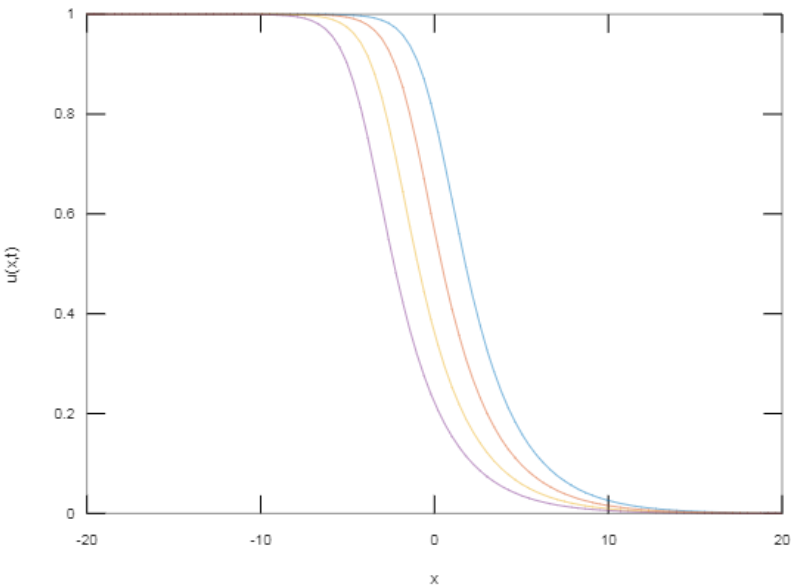


Figure 2: the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form for $\gamma = 3$ with increasing time, $t=0$ (blue), $t=5$ (pink), $t=10$ and $t=15$.

When $\gamma = 1$ with negative c the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form with increasing time is shown in figure 3.

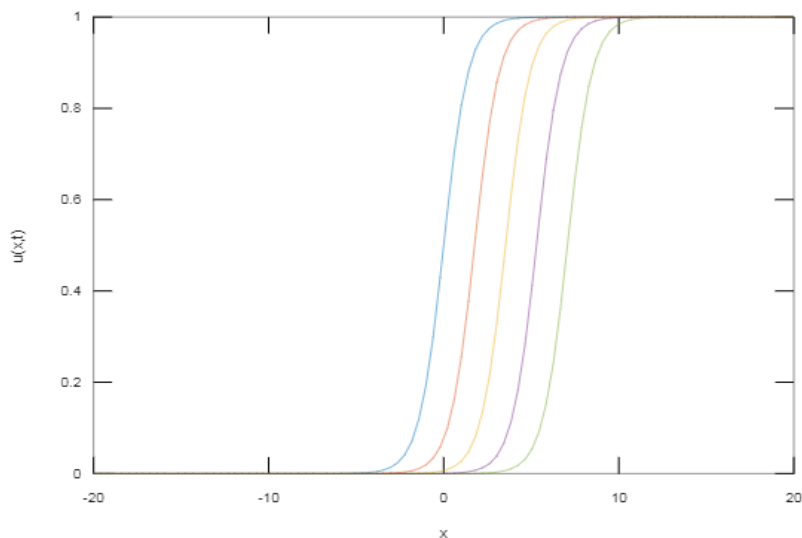


Figure 3: the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form for $\gamma = 1$ and negative c with increasing time, $t=0$ (blue), $t=5$ (pink), $t=10$, $t=15$ and $t=20$.

When $\gamma = 3$ with negative c the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form with increasing time is shown in figure 4.

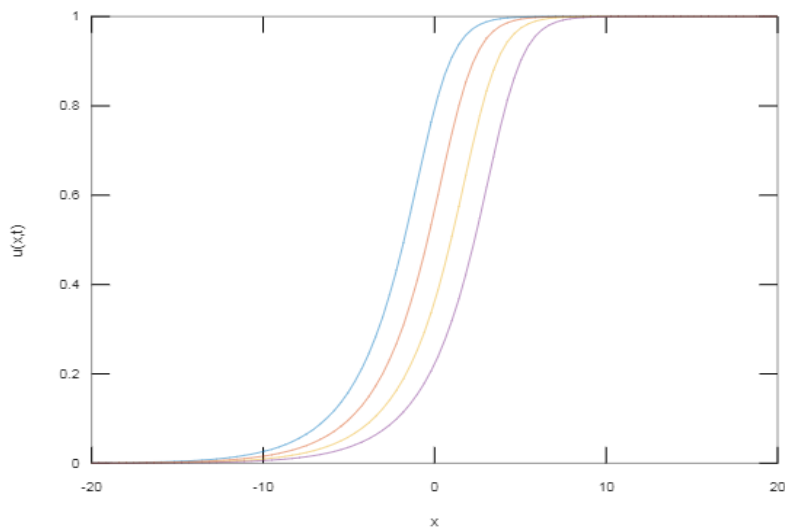


Figure 4: the solitary wave solution of the nonlinear diffusion problem in modified form for $\gamma = 3$ and negative c with increasing time, $t=0$ (blue), $t=5$ (pink), $t=10$ and $t=15$.

The modified form of the nonlinear diffusion equation presented in (7) represents the actual a solitary wave with magnitude d_0 and width λ that is essentially centered at zero.

3. Conclusion

In this chapter, the tanh method was used to accomplish an analysis of the results of the nonlinear diffusion model. This nonlinear diffusion model is the most common used mathematical model, involving applications in mathematical biology, diffusion dynamics, neuro physics, liquid crystals, and other fields. Closed form solutions are obtained using the tanh technique, which eliminates the use of complex algebra. As demonstrated by the above-mentioned equations and their results, the tanh technique is a substantial and direct solution strategy for generating closed form, accurate representations for solitary waves of the nonlinear diffusion equations.

Figures 1, 2 and 3-4 indicate how such a solitary wave generates as time ranges alter and the characteristic of wave speed λ varies as parameter c changes.

Finally, the tanh technique allows you to experiment with solitary waves and learn how to profit from them. The tanh method has been used to solve a large number of reduced form partial differential equations. To make finding accurate solutions to larger nonlinear partial differential equations easier, a robust nominal software program based on the tanh technique has been built (Baldwin et al, 2004 and Baldwin et al, 2004). It's a useful engineering tool. As a result, nonlinear dynamics, fluid flows, genetics, and other domains have benefited from an easily discovered alternate form of the exact solutions to reaction diffusion equations.

4. References

- Baldwin, D., Göktaş, Ü., Hereman, W. et al., (2004). Symbolic computation of exact solutions expressible in hyperbolic and elliptic functions for nonlinear PDEs, *Journal of Symbolic Computation*, (37), 669-705.
- Baldwin, D., Göktaş, Ü., Hereman, W. (2004). Symbolic computation of hyperbolic tangent solutions for nonlinear differential-difference equations. *Computer Physics Communications*, (162), 203-217.
- Britton, N. F. (1986). *Reaction-Diffusion Equations and Their Application to Biology*. New York: Academic.
- Broadbridge, P. Rogers, C. (1993). On a nonlinear reaction-diffusion boundary-value problem: application of a Lie-Baclund symmetry. *ANZIAM J.* (34), 18-32.

- Dai, Y. D. Zhang, H. L., Yuan, Y.P. et.al. (2016). The traveling wave solution of Huxley equation. Heilongjiang Sci. Technology Inf. (11), 57.
- Fitzhugh, R. (1961). Impulses and physiological states in theoretical models of nerve membrane. Biophys. J. (1), 445.
- Hill, J M. Smyth, N. F. (1990). On the mathematical analysis of hotspots arising from microwave heating. Mathematical Engineering in Industry, (17), 1823-1834.
- Hodgkin, AL. Huxley, AF. (1952). A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. The Journal of Physiology, (117), 500–544.
- Ludford, G. S. (1986). Combustion and Chemical Reactions. Providence, R.I: American Mathematical Society.
- Malfliet, W. (1996). The tanh method: I. Exact solutions of nonlinear evolution and wave equations, Physica Scripta, (54), 563–568
- Miller, E.L., (1996). Predictor-corrector studies of Burgers' model of turbulent flow. PhD Thesis, University of Delaware.
- Wazwaz, A.-M. (2007). The extended tanh method for abundant solitary wave solutions of nonlinear wave equations. Applied Mathematics and Computation, (187), 2, 1131–1142.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 27



**Festivallerin Kırsal Turizm Çekiciliği Kapsamında Ele
Alınması
(Hilal Surat)**

Festivallerin Kırsal Turizm Çekiciliği Kapsamında Ele Alınması

Hilal Surat

*Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi,
Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
E-mail: hilal881@artvin.edu.tr*

1. Giriş

Turizmin, ekonomik olduğu kadar aynı zamanda sosyal ve kültürel bir alışveriş olduğu söylenebilir. Turizmin insan etkileşimli bir sektör olmasından dolayı bireylerin turistik ürün algılamaları ve istekleri, bütün sektörlerde olduğu gibi değişen koşullara uygun olarak sürekli değişim göstermektedir. Günümüzde kitle turizmine olan ilgi giderek azalırken, yerel kalkınmanın birincil öncelik olduğu ve yerel kaynakların en faydalı biçimde kullanıldığı alternatif turizm türlerine yönelik ilgi ve arayışlar sürekli bir artış eğilimi içindedir. Özellikle son yıllarda kentler, sahip oldukları imajlarını yükseltebilmek, ziyaret etme isteği uyandırabilmek, kenti bir ürünmüş gibi pazarlanma ve rekabet kabiliyetini artırabilmek amacıyla alternatif turizm etkinliklerine önem vermeye başlamıştır (Özgürel vd., 2015; Sert, 2017).

İnsanların kitlesel turizm etkinliklerine nazaran alternatif turizm aktivitelerinin olduğu alanlara yönelmelerinin temelinde, doğa koruma bilinci, doğal, kültürel ve geleneksel yaşam tarzlarına ilişkin bilgi elde edebilmek, yerel halk ile etkileşimde bulunarak onları daha yakından tanımak ve etkinliklere katılım göstererek tatillerini bu şekilde değerlendirmek fikirleri yatmaktadır (Kızıllırmak, 2006). Bu açıdan baktığımızda festivaller, kültürel/sanatsal/sportif organizasyonlar vb yerel etkinlikler sadece bir sanatsal aktivite olarak görülmekten ziyade kırsal turizm anlayışı içerisinde alternatifler olarak değerlendirilen, kentlerin markalaşmasında, imaj oluşturmalarında, küreselleşme ve ekonomik gelişmelerini sağlayabilmelerinde başvuru bir destinasyondur (İçellioğlu, 2014).

Çağın değişen koşullarına ayak uyduran ve sürekli bir yarış içerisinde olan turizm sektörü de, sürekli değişim göstermekte turistik ürün algılamaları ve istekleri ülkelerin turizmle ilgili yönelimleri şekillenmektedir. tarihi zenginliklere ve doğal güzelliklere sahip olan ülkeler kaynaklarını planlı ve koruma-kullanma ilkelerine bağlı kalarak kullanmaya daha fazla önem göstermekte ve turizmde ürün çeşitliliğini sağlayacak alternatif turizm aktivitelerine yönelmektedirler (Çeken ark., 2012; Karaşah, 2019). 19. yüzyılda sanayi kentlerinin genişlemesiyle ve gelişmesi sonucu oluşan

unsurlar nedeniyle insanların bulundukları ortamdaki uzaklaşabilmek, doğa ile baş başa vakit geçirerek boş zaman aktiviteleriyle fiziksel ve ruhsal olarak dinlenme ve eğlenme imkânlarını yakalayabilmek amacıyla ortaya çıkan kırsal turizm, kıyı turizmine bir alternatif hatta kıyı turizminin tamamlayıcısı olarak ortaya çıkan farklı turizm etkinliklerini bünyesinde barındıran bir turizm çeşididir. Bu gelişen turizm anlayışı ile kırsal yaşamın çeşitliliğinin farkına varılarak kırsal alanlara olan ilgiyi daha da arttırmıştır. Kırsal alanlardaki doğal güzellikleri görmek, farklı kültürlerle sahip topluluklar ile bir arada olmak, kırsal yöreye özgü etkinlikleri izlemek ya da katılmak gibi faaliyetler, tüm paydaşlarda yarattığı etkilerinden dolayı, sosyal, kültürel, ekonomik kalkınmada önemli bir araç olarak görülmektedir.

Kırsal turizm içinde birçok turizm alternatifini barındıran (Özdemir, 2012) kırsal alanlardaki ekonominin canlanmasını sağlayarak kırdan kente göçü azaltan, yöresel kültür ve doğal çevrenin korunması sağlayan (Torun, 2013), ortaya çıkan alternatifler sayesinde turizmin mevsimsel yığılmasını önleyen ve yığılmadan kaynaklı ortaya çıkabilecek birçok sorunu bertaraf eden zengin bir turizm çeşididir (Soykan, 2003). Kırsal turizm anlayışını içeren faaliyetler, bu alanların pozitif bir imaja sahip olmasını, yeni iş imkânları yaratması, yerel toplum içindeki grupların üretime katılmasını, kırdan kente göçün engellenmesi, yöreye özgü tarımsal ve kültürel unsurların korunarak turistlere sunulması ve bu unsurların gelecek nesillere aktarılmasına katkı sağlamasını, turizm ve çevre bilincinin oluşmasına, değerleriyle gurur duyma ve övünme, hayat standardını yükseltmek için de bir fırsat olarak görülmektedir. Kırsal turizmin bileşenlerinden biri olan yerel etkinlikler sayesinde, yöre halkı bu gelenekleri devam ettirerek yerel kimliği güçlendirmekte yöre halkı kendi kültürel kaynaklarının tanıtımını yapabilmekte, kültürel yapılarıyla gurur duyma imkanı bulmakta ve kültürel kaynaklarının geliştirilmesi ve muhafaza edilmesi sağlanmaktadır(Gül, vd. 2013)

2. Yerel Etkinlikler

Etkinlikler insanlık tarihi kadar eski bir geçmişe sahiptir. Günümüzdeki düzeyde olmasa bile insanoğlu tarihsel süreç içerisinde yaşanan her dönemde meşgul olacağı birçok olay ve etkinlik düzenlemiştir. Etkinlik kavramı; yaşayanlara eğlenceli, hoşça vakit geçirtmek amacıyla belirli aralıklarla düzenlenen, özel bir günü, durumu kutlamak ve çeşitli sosyal, kültürel, ekonomik hedef ve amaçlara ulaşmak için planlanmış çok özel ritüeller, gösteriler ve kutlamalar olarak tanımlanabilir. Her toplumun, kendine özgü gelenekselleşmiş, belirli tarihlerde gerçekleştirdiği festival, karnaval gibi özel kutlama etkinlikleri vardır. Düzenlenen bu etkinlikler, ziyaretçilerine olağan dışı deneyimleri yaşama fırsatı verir. Dünya genelinde pek çok önemli festival, fuar ve kongre önemli ölçüde turizm talebi yaratabilen

etkinlikler arasında yer almaktadır. Dolayısıyla, bu etkinlikler turizm ürünü olarak işlev görmektedirler.

Bu tür etkinlikler genel olarak toplumsal onuru artırmak, aitlik duygusunu güçlendirmek ve söz konusu yöreye ait duyarlılığı artırmak amacıyla düzenlenmektedir. Düzenlenen yerel etkinlikler rekreasyon faaliyetinde bulunmak isteyen potansiyel turisti etkinliğin düzenlendiği bölgeye çekerek bölgedeki turizm hareketliliğini sağlamakta ve yörenin tanıtımı da yapılmaktadır (Tayfun ve Arslan, 2013). Ayrıca düzenlenen bu etkinlikler, yörenin pozitif imajının yaratılması ya da var olan imajının güçlendirilmesi ile yerli ve yabancı katılımcıların artırılması yoluyla; daha çok ziyaretçi çekilmesi, yörede elde edilen gelirin artırılması, etkinliklerin sayısı ve nitelik olarak geliştirilmesi, turizmin mevsimsellik etkisinin azaltılması ve ziyaretçilerin tekrar yöreye gelmesinin sağlanması da ile geleneksel hale gelmesi yöreye olan ilgiyi arttırmakta ve yöreye çekicilik kazandırmaktadır (Yemenoğlu, vd. 2013; Ertüzün ve Fişekçioğlu, 2013; Kişioğlu ve Selvi, 2013).

2.1. Festival Kavramı

Turizm sektörü, içinde bulunduğumuz yüzyılda yarattığı ekonomik ve sosyo kültürel etkileriyle, ülkelerin refah düzeylerinin artması ve gelişimlerini sürdürebilmeleri açısından önem arz eden bir sektör konumuna yükselmiştir (Karapınar 2013). Bu nedenle ülke ve ürün tanıtımı noktasında başarılı ve etkili olabilmek için; farklı olmak, diğerlerinden ayırt edilir ve dikkat çekici olmak, ayrıca değişik iletişim kanallarının kullanmak gerekmektedir (Rızaoğlu 2003) Bu kapsamda; özel etkinlikler ülke markalaşmasında alternatif bir yöntem ve farklılaştırıcı bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Bir turistik ürünün oluşturulabilmek için ulaşılabilirlik, turizm işletmelerinin varlığı ve çekicilik özelliklerine sahip olmak gerekir. Tercihin oluşabilmesi için diğer yöreden farklı turistik özelliklere, çekiciliklere ve en azından onun kadar etkili olan olaylara sahip olması gerekmektedir. Çekici olaylar arasında da spor olayları, kültürel olaylar, fuarlar, sergiler, düzenlenen yerel etkinlikler, festivaller en popüler olanlardır (Kızıllırmak, 2006).

Festivaller, turizm bölgeleri için çekicilik unsuru olan etkinliklerdir. Festival kavramını genel olarak değerlendirdiğimizde; yerel bir topluluk tarafından tarihi, yapıldığı çevre, konusu, katılanların sayısı ve programı önceden belirlenmiş olan, yörenin simgesi haline gelerek özel önemi olan gelenekselleşmiş ve sürekliliği sağlanarak toplumun kolektif belleğinde yer almayı başarmış sanat, kültür, bilim, ekonomik faaliyet, ürün veya belli bir temaya yönelik olarak düzenlenen, tek seferlik veya belli aralıklarla tekrarlanan, boş zamanları değerlendirmek, sosyal ve kültürel deneyim kazanmak için eşsiz fırsatlar sunan, toplumsal ekonomik kalkınmaya

yardımcı olan aynı zamanda da politika aracı olarak kullanılan gösteri ve etkinlikler dizisine festival adı verilmektedir (Atak, 2009).

Festivaller, dünyada ve Türkiye’de kültürel ve sanatsal faaliyetler, fuarlar, alışveriş, sergiler, spor olayları, düzenlenen etkinlikler (Küçük 2013) modern turizmde imaj inşa etmede kullanılan en önemli araçlarından biri olarak görülmektedir (Smith and Jenner 1998). Bu etkinlikleri diğerlerinden ayıran belli başlı noktalar (Çakır, 2009); yılda bir defa gerçekleştirilmesi, kamuya açık olması, belli bir konunun kutlanması veya bir ürünün tanıtımının yapılması, açılış ve kapanış günlerinin kesin tarihlerle belirlenmiş olması, etkinlik programında değişik aktivitelere ve gösterilere yer verilebilmesi ve etkinliklerin organizasyonun yapıldığı yerde gerçekleştirilmesi olarak sıralanabilir.

Festivallerin ortaya çıkış nedenin dinsel kökenli olduğu düşünülmektedir (Dalgın vd., 2016). Ancak Rönesans akımından sonra dini olgular zayıflamış ve sonrasında dini temel referans almayan festivaller gerçekleştirilmiştir. Festivaller, zevkli aktiviteler, eğlenceler ya da bazı kavramların, konseptlerin, olayların, veya olguların kutlanmasıdır. Başka bir deyişle, festivaller toplumsal refahın ve mutluluğun kutlandığı aktiviteler olmuşlardır. Turizm amaçlı festivaller 1950’lerden sonra düzenlenmeye başlamıştır. Ulusal veya uluslararası düzeyde yapılan bu etkinlikler, modern turizmin imaj oluşturmada kullanılan en önemli araçlarından biri olarak görülmektedir (Bilgili ve diğerleri, 2012). Sezon dışı dönemlerde turist çekmek, yöreye ilgili farkındalık ve olumlu bir imaj yaratmak için festivaller güçlü bir araç konumundadır (Özdemir, 2012). Festivaller aynı zamanda sosyal etkileşim için ortam, yerel bilgilerin üretilmesi için arenalar oluşturan, tarihi, sosyal yapıyı ve mirası yeniden oluşturup ve revize edebilen, aidiyet yaratan müşterek kültürel uygulamalardır. Gerçekleştirildiği yörede sosyal bağları güçlü tutma, toplumsal kaynaşmayı ve kültürel bütünleşmeyi sağlama açısından sosyal ve toplumsal yönü ağır basan etkinliklerdir. Festivallerin amacı bireyler ve toplumlar arasında ekonomik, sanatsal, kültürel ve sosyal açıdan bir yakınlaşmayı sağlamaktır. Festivaller, bir şehrin veya yörenin tarihini, kültürünü ve kozmopolit yapısı ile ruhunu yansıtarak o yörenin söz konusu faaliyetlerle anılmasını sağlamasıyla benzerlerinden ayrılmaktadır (Aksu vd., 2014).

Unutulmaya yüz tutmuş yerel kültürünün yaşatılması, toplumun temel kodları içinde yer alan gelenek ve göreneklerin sonraki nesle ulaştırılması son derece önemli bir konudur (Yolal, 2017). Bu nedenle özellikle son yıllarda üretimin küreselleşme eğilimine girmesinin bir sonucu olarak yerel ve kültürel unsurların gelecek nesiller tarafından tanınmayacağıyla ilgili kaygılar git gide artmaktadır. Son yıllarda destinasyonlar arasındaki bu yoğun rekabet nedeniyle festivaller-şenlikler gibi etkinliklerin geliştirilmesi ve düzenlenmesi turizm pazarında hızla büyüyen bir sektör olup, özellikle

deniz, dağ, göl, orman vs. gibi doğal turizm kaynaklarından yoksun bölgelere turistlerin çekilmesinde önemli bir araç olarak görülmektedir. Bu nedenle bu gibi özel etkinlikler, turizm pazarında talebi artırmak, turistin ilgisini çekmek, imaj geliştirmek ve markalaşmak için bir halkla ilişkiler aracı olarak kullanılmaktadırlar (Atak 2009).

Festivaller, geleneksel kültürün ve geleneksel değerlerin yaşatılmasında kullanılan bir model (Shyllon, 2007), yerel bir topluluk tarafından tarihi önceden belirlenmiş ve yörenin simgesi haline gelerek gelenekselleşmiş ve sürekliliği sağlanarak toplumun kolektif belleğinde yer alan toplumdaki kaynaşmayı ve sosyal kazanımları artıran, kısa dönemli ve yüksek yoğunluklu turizm etkinlikleridir (Chhabra, 2001). McClinchey'e (2008) göre festivaller, göçün olduğu bir bölgede toplulukların daha çok kendi kültürlerini göstermek için oluşturdukları kamusal kutlama yerleridir. Duffy (2005) ise, festivalleri, toplumlarda hem bireylerin hem de grupların kimliklerine ve aidiyetlerine anlam kazandırmak için oluşturdukları uzlaşma ve diyalog yerleri olarak tanımlamaktadır. Söz konusu etkinlikler bir şehrin veya bölgenin ruhunu yansıtarak o bölgenin söz konusu faaliyetlerle anılmasını sağlar.

Yerel ve bölgesel kalkınmaya etkileri nedeniyle son yıllarda hızlı bir artış gösteren festivaller ekonomik dönüşüm ve canlanmaya, pazarlamaya, yatırıma ve sezon dışı turizm gelirleri yaratmak suretiyle yerel ekonomiye pozitif etki sağlamakta ve yöredeki işletmeleri yeni yatırımlara yönlendirebilmekte (Çukur ve Kızılaslan, 2018), çok sayıda insana istihdam olanağı sağlamakta, konaklama işletmelerinin doluluğunu arttırmakta, diğer turizm işletmeleri ile turizm ilgili birçok sektörü olumlu yönde etkileyerek turizm hareketinin tüm yıla yayılmasını sağlamakta ve en önemlisi de ülkenin uluslararası turizm piyasasında tanınmasına katkı sağlamaktadır (Çulha, 2008).

2.2. Bir Kırsal Turizmde Tanıtım Aracı Olarak Festivallerin Önemi, Etkileri ve Katkıları

Festivalleri, bir bakıma turistik çekicilik unsurlarını zenginleştiren ve onlara insanlar üzerinde duygusal etkiler yaratacak bir ruh kazandıran etkinlikler bütünü olarak nitelendirmek yerinde olacaktır. Bu açıdan bakıldığında festivallerin belirli bir destinasyonu oluşturan en önemli turistik çekiciliklerden biri olduğu ve diğer turistik çekiciliklerin etkisini güçlendirdiği söylenebilir. Kırsal turizm etkinlikleri arasında bulunan festivaller; yöresel halk oyunları, geleneksel el sanatları, spor yarışmaları, fuar ya da panayırılar, müzik gösterileri gibi çeşitli faaliyetleri kapsamı sebebiyle kırsal ürün çeşitliliğini arttırmakla birlikte, her yıl düzenlenerek geleneksel hale gelmesi sebebiyle o yöre üzerindeki ilgiyi artırarak kırsal turizmin gelişmesine büyük katkı sağlamaktadır (Yemenoglu vd., 2013).

Festivaller, turistler için bir çekicilik unsuru olmakla birlikte, kırsal bölgede yaşayan yerel halk için yıl boyunca beklenen önemli bir eğlence ve sosyalleşme aracı olma fonksiyonuna da sahiptir. Bu nedenle, kırsal bölgelerde festival kapsamında değerlendirilebilecek etkinliklerin sürekliliğinin sağlanması yanı sıra, kırsal turizm destinasyonunun etkili tanıtımına sağladığı katkılar sebebiyle turizm pazarlaması açısından da önem arz etmektedir. Festivaller düzenlendiği zaman aralığında, yöreye medyanın ilgisinin çekilmesini sağlamakta, böylece yörenin bilinirliğini arttırmaktadır. Festivaller düzenlendiği kırsal bölgenin bilinirliğini arttırmakla birlikte, güçlü ve aktif imajlar oluşturarak ve kültürel temalar yaratarak destinasyonun markalaşmasına yardımcı olmaktadır (Tayfun ve Aslan, 2013). Zaman içinde kırsal bölgede düzenlenen festival o bölgenin zihinlerdeki imajı içinde önemli bir yer tutmaya başlamakta, düzenlenen bu etkinlikler (festivaller, spor organizasyonları vb.) sayesinde o yörenin markalaşmasına katkı sağlamaktadır.

Festivallerin birçok açıdan turizme olumlu katkıları bulunmaktadır. Küçük toplumlarda o yörede yaşayan halk festivallerin önemli bir parçasıdır. Zira yerel halk, festivalin hem katılımcısı hem de ev sahibi durumundadır. Festivaller yörenin çekiciliğini artırmakta ve altyapısını iyileştirmekte, yerel halkı bir araya getirmekte, katılımcılarına hoşça vakit geçirme fırsatı sunmakta, aidiyet duygusunun gelişmesine katkı sağlamakta, yerel halkın kendine güvenini arttırmakta, toplumun sosyal ve kültürel entegrasyonuna katkıda bulunmakta, önemli konulara dikkat çekilmekte, bireyler arasındaki ilişkileri gelişmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda yerel ekonomilerin gelişmesi, kırsal istihdamın artması ve turizm faaliyetlerini kırsal alanlara yönlendirmesi yönün de de bir çok avantaj sağlamakta ve festivallerde gönüllü çalışmayla yerel sosyal destek ağları gelişmektedir (Hjalager ve Kwiatkowski, 2017; Çukur ve Kızılaslan, 2017). Festivaller gibi etkinlikler, turizm, eğlence, eğitim, sosyal etkileşim, iş, ticaret ve ilham kaynağı olmalarının yanısıra (Houghton 2001) gerçekleştirildikleri bölgelere farklı faydalar sağlamaktadır. Bu faydalar arasında (Litvin ve Fetter 2006, Kızıllırmak 2006);

- Destinasyonunun etkin pazarlanması ve turistik talepte-ziyarete artış sağlanacaktır.
- Etkinlikler ve festivaller sadece ekonomik yarar sağlamakla kalmayıp, ayrıca destinasyonun farklı ülkelerden gelen turistler aracılığı ile ulusal ve uluslararası alanda tanıtımını sağlamaktadır
- Etkinlikler zaman içinde destinasyon ile bütünleşerek marka haline gelebilirler.
- Etkinlikler Bölge ekonomisine önemli bir kaynak sağlayacaktır.

- Etkinlikler dolayısı ile istihdam olanakları ve iş olanakları artacaktır.
- Etkinlikler yeni iş fırsatları sunmakla birlikte bölge işletmeleri arasında işbirliğini ve işletmelerin bir araya gelmesine imkan sağlayacaktır.
- Yerel değerler sayesinde yerel ve yerel olmayan unsurların iletişime geçmesi
- Dış unsurlar tarafından takdir edilen ve ilgi çeken bir yere dönüşmesi
- Yerel alanda kültür akımının başlaması, yerel alana yönelik daha geniş coğrafyada ve hatta küresel ölçekte güçlü ve aktif imajlar oluşturması
- Yeni alt yapı ve hizmetlerin oluşturulması ya da mevcut hizmetlerin ve alt yapının geliştirilmesi için harekete geçirici bir etken olması
- Ulusal ve uluslararası turizm hareketlerinde olduğu kadar, yerel turizmin gelişmesinde de etkin bir rol oynaması
- Turizm sezonunu uzatmak, turizmi çeşitlendirmek, turizm talebinin artmasını sağlaması,
- Destinasyona medyanın ilgisini çekmek, kültürel temalar yaratarak destinasyon markalaşmasına yardımcı olması ve destinasyonların çekiciliğini ve farkındalığını artırması
- Tek bir seyahatin yeterli olduğunu düşünen insanları, tekrar ziyaretler için teşvik etmesi yer almaktadır.

Festivaller; ziyaretçilerine, hiç tanımadıkları bir yöreyi görme, farklı bir kültürü öğrenme ve yaşam tarzları farklı olan insanlarla bir araya gelme fırsatları vererek, ülke ve yerel turizmin gelişmesine önemli düzeyde hizmet etmektedirler (Karagöz 2006). Aynı zamanda, hem tanışılan yeni kültürlerle ve yaşamlara duyulan merakı körükleyerek insanları yeni yerler görmeye teşvik etmekte (Çulha 2008; Tayfun ve Arslan, 2013) hem de toplumdaki kültürel farklılıkların, kimliklerin, sosyal bağların ve aidiyetlerin gelişmesini teşvik ederek toplumun yeniden biçimlenmesine de katkı sağlamaktadır (Duffy, 2005).

Avraham 2004' e göre bir kenti pazarlayabilmek, tanıtabilmek ve yeniden sunumunu yapabilmek için bir imaj oluşturmanın gerekli olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden kaynakları cazip hale getirecek yeni bir imaj ve pazarlama stratejileri oluşturabilmek için kenti ziyaret etmeye teşvik edecek unsurları sergilemek gerekmektedir. Yani kentin ekonomik ve refah düzeyinin tanıtılması ve böylece kent sakinlerinin, yatırımcıların ve

ziyaretçilerin kentten tatmin olma konusunu öne çıkarması sağlanarak, kentin diğer kentlerle rekabet edebilir konuma gelmesi sağlanmış olacaktır. Kente çekilmesi planlanan yerli veya yabancı ziyaretçileri, festival ve kültürel aktiviteler düzenleyerek, konferans, sergiler, seminer ve basın toplantıları düzenleyerek, kent turları yaparak, temalı parklar, alternatif spor ve dinlenme merkezleri vb. yeni cazibe metotları yaratarak teşvik etmek olasıdır. Özellikle kentle ilgili pozitif olmayan bir imaj varsa; karar vericilerin, medyatik ve ünlü kişilerin etkinlik gibi pozitif bir davet aracılığıyla kente gelmesi sağlanarak kente ilişkin önyargıların yerinde ziyaretlerle giderilmesi mümkün olacaktır (Doğrul vd., 2015).

Festivallerin düzenli olarak gerçekleştirilmesi bölgeye olan ilgiyi arttırmakta ve bölgedeki turistik canlılığın sürekliliğini sağlamaktadır. Yerel etkinliklerin gerçekleştirildiği bölgeye sosyo-kültürel, sosyo-ekonomik, katkıları bulunmaktadır. Yöreye gelen ziyaretçilerin konaklama ihtiyaçlarını bölgede bulunan oteller, pansiyonlar vb karşılamaktadır. Etkinlik katılımcılarının bölgeye ulaşımını sağlamakta olan seyahat acenteleri, etkinlik yöresine özgü hediyelik eşya ihtiyacını hediyelik eşya stantları veya ilgili yerel esnaf işletmeleri, yiyecek içecek ihtiyaçları için yörede bulunan restoranlar yapılan etkinliklerden ekonomik açıdan yararlanmaktadırlar (Bilgili, vd, 2012).

Houghton (2001)'e göre turistler için bir festivale katılmanın oldukça çekici olduğunu ve bu çekiciliğin firmalar, bireyler ve çeşitli toplumsal kuruluşlar tarafından bir pazarlama fırsatı olarak değerlendirildiğini belirtmektedir. Bu kapsamda turizm her yıl milyonlarca turisti motive ederek müzelerin, sanat galerilerinin, tarihsel alanların, festivallerin ve fuarların ziyaret edilmesini sağlayarak çok sayıda insana istihdam olanağı sağlamakta, konaklama işletmelerinin doluluğunu arttırmakta, diğer turizm işletmeleri ile turizm ilgili birçok sektörü olumlu yönde etkileyerek turizm hareketinin tüm yıla yayılmasını sağlamakta ve en önemlisi de ülkenin uluslararası piyasada tanınmasına neden olmaktadır (Çulha, 2008). Günümüzde özellikle gelişmekte olan ülkeler; döviz kazanmak, istihdam ve gelir yaratma olanaklarını arttırmak, ekonomik bağımsızlıklarını kazanmak ve bölgesel, yerel dengesizlikleri gidermek için turizmi bir araç olarak görmektedirler. Bu açıdan bakıldığında ise festivaller de yerel kalkınmaya önemli katkılar sağlamaktadır (Küçük 2013).

Toplum yaşamında önemli bir yeri olan festivaller üzerine yapılan araştırmalar ekonomik etkiler ve sonuçlar üzerinde yoğunlaşırken sosyal boyuta daha az değinilmektedir. Festivallerin sosyal etkileri, ekonomik etkilerden daha az somut olmasından dolayı, anlamak ve çözmek zordur. Sosyal etkiler, turizmin var olan sosyal değerlere, kişisel davranışlara, aile içi ilişkilere, güvenlik kavramına, ahlaki kurallara, geleneklere ve toplumun sosyal yapısına dolaylı veya dolaysız yollardan yaptığı etkileri ifade

etmektedir. Uzun yıllar toplumsal yaşama katkıda bulundukları için geleneksel hale gelen festivaller insanların bir araya gelmesi, eğlenmesi ve iyi vakit geçirmesi için uygun atmosfer oluştururlar ve böylece bölge sakinlerinin yaşam kalitesini geliştirerek sosyal ilişkileri ayakta tutmaktadır. Aynı zamanda festivaller, ev sahipliği yapan yerel halkı yapılan faaliyetlere katılmaya, ortak bilgi üretmeye ve sosyal ilişkiler kurmaya teşvik ederek sosyal uyum ve güven inşa edilmesini sağlar (Gürsoy vd., 2004). Kısacası festivaller önemli bir sosyal işlevi yerine getirmektedir. Toplum bireylerini birbirlerine yaklaştırarak uyumlu, güçlü ve işbirliği içinde olan yerel toplumlar oluşturmaya (Small vd., 2005), toplum gelenek ve göreneklerinin güçlenmesine, sahip olduğu değerleri, beceri ve yeteneklerini keşfetmeleri, geliştirmeleri ve sergilemeleri için fırsat yaratmasına, sahip olduğu değerlerle övünmesi ve gurur duyması için imkân yaratmasına, kültürel bakış açılarının genişletilmesine ve yeni ve yaratıcı fikirlerin tanıtılması yönünde olumlu etkiler sağlamaktadır. Ancak festivallerin sosyal etkilerini göz ardı etmek olumsuz sonuçları da beraberinde getirebilir. Çünkü herhangi bir turizm faaliyeti yerel halkın bilgisi haricinde ve desteğinden yoksun olarak planlanarak oluşturulursa başarısız olma olasılığı oldukça yüksektir.

3. Sonuç ve Öneriler

Kırsal turizm çekicilikleri arasında oldukça önemli bir yere sahip olan festivaller, ziyaretçilerin kırsal kültürü daha iyi gözlemlemelerini ve deneyimlemelerini mümkün kılan etkinliklerdir. Turistik ürün olarak değerlendirildiğinde, festivaller, bir bakıma turistik çekicilik unsurlarını zenginleştiren ve onlara insanlar üzerinde duygusal etkiler yaratacak bir ruh kazandıran etkinlikler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Festivallerin yörenin kültürel yapısını ifade etmede, yerel halk ve ziyaretçiler arasındaki iletişimi güçlendirmede önemli rolü vardır (Dalgın vd., 2016).

Çalışma kapsamında kırsal turizm faaliyetleri arasında yer alan festivaller gibi yerel etkinliklerin katkılarını arttırmaya yönelik aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- Festivallerin konusu ve adı, çevresel özellikleri ve ev sahibi toplumun yaşantısını, gelenek ve göreneklerini yansıtabilecek birbirlerini tamamlayıcı özellikleri göz önüne alınan tanıtım faaliyetleri yapılarak belirli mevsimde, belirli bir konu veya belirli bir bölgedeki ortak turistik ürünler halinde bir araya getirilerek ziyaretçilerin daha fazla sayıda bölgeye çekilmesi sağlanabilir.
- Festivaller, belirli mevsimlerin belirli aylarında sadece bir kaç gün veya bir kaç hafta için gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, düzenlenen bu etkinliklerin turizm açısından çekiciliğini arttırabilmek için, yörelerin sahip olduğu diğer turistik ürünler ile entegre edilmeli ve bir turistik ürün paketi haline getirilmelidir.

- Bu etkinlikleri düzenleyen kuruluş, firma veya acenteler tüm yerel etkinlikleri turist çekecek bir unsur durumuna getirme çabasına yerine, bölgede bir veya birkaç etkinliği düzenleme ve bunların ürünlerini teşvik etmek yoluna giderek, başarılı tanıtım çalışmalarıyla hedef kitlelere ulaştırılmasını sağlanabilir.
- Tüm yerel etkinliklerin turizm amaçlı etkin şekilde değerlendirilebilmesi için; başta yerel halk olmak üzere kamu ve özel sektör kuruluşlarında gerekli bilincin oluşturulması ve tüm illerin sahip olduğu farklı konu ve kültürdeki yerel etkinliklerin yurt içi ve yurt dışında tanıtımının yapılarak yeterli talep oluşturulması sağlanmalıdır.
- Sahip olunan turizm ürünlerin hedef kitleler tarafından nasıl algılandığı önemlidir. Bu nedenle algıyı belirleyen "iletişim", en stratejik kavram olarak öne çıkarak, yörenin tanıtım ve pazarlamasında önem arz etmektedir. Kullanılacak logo, slogan ve sembol gibi tüm araçlar sonunda ortaya çıkacak algıların toplamı "yörenin imajını" oluşturacaktır.
- Pazarlama kısmında yerel yönetimlerin rolü oldukça önemlidir. Mevcut kaynaklarının ve potansiyellerinin ortaya konmasında markalaşma ve kalkınma eksenli büyüme hedeflerinin olduğu yerel kalkınma planı oluşturulmalı ve yerel yönetimle merkezi yönetimin koordineli çalışmalıdır.
- Yerel halkın desteğinden yoksun kalan bir festivalin devamlılığı olmamaktadır. Bu nedenle yerel halkın festivalle ilgili tutumunun bilinmesi, başarılı bir gelişme sağlanabilmesi için yerli halkın festivalleri algılama biçimi ve buna bağlı oluşacak tutum iyi planlanmalıdır.

4. Referanslar

- Aksu, A., Arslan, S., Yardımcı, E. O., & Erkaya, B. (2019). The Opinions And Attitudes Of Local People In Terms Of Government Trust, Knowledge, Transparency And Corruption İn International Festivals: International Antalya Film Festival Example. *Turizam*, 23(4).
- Atak, O., 2009. Türk Turizminin Tanıtımında Festivallerin Yeri Ve Önemi: Antalya Örneği, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Turizm İşletmeciliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Avraham, E., (2004). "Media Strategies For Improving An Unfavorable City İmage", *Cities*, Vol:21, No:6, Pp:471- 479.

- Bilgili, B., Yağmur, Ö., & Yazarkan, H. (2012). A Research On The Efficiency And Productivity Of Festivals As A Tourist Product (Sample Of Erzurum-Oltu Kırdag Festival). *International Journal Of Social And Economic Sciences*, 2(2), 117-124.
- Chhabra, D. (2001), Heritage Tourism: An Analysis Of Perceived Authenticity And Economic Impact Of The Scottish Highland Games İn North Caroline, (Doctorate Thesis: Umi.3030030). Department Of Forestry, North Caroline State University.
- Çakır, M. (2009), “Festival Turizmi”, [Http://M-Cakir.Blogspot.Com/2009/02/Festival-Turizmi_04.Html](http://M-Cakir.Blogspot.Com/2009/02/Festival-Turizmi_04.Html), 21.02.2012
- Çeken, H., Dalgın, T., & Çakır, N. (2012). Bir Alternatif Turizm Türü Olarak Kırsal Turizmin Gelişimini Etkileyen Faktörler Ve Kırsal Turizmin Etkileri. *International Journal Of Social And Economic Sciences*, 2(2), 11-16.
- Çulha, O. (2008), “Kültür Turizmi Kapsamında Destekleyici Turistik Ürün Olarak Deve Güreşi Festivalleri Üzerine Bir Alan Çalışması”, *Journal Of Yasar University*, 3 (12), S. 1827-1852.
- Çukur, T., & Kızılaslan, N. (2018). Milas İlçesinde Zeytin Hasat Şenliğinin Kırsal Turizme Katkısı. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 24 (2)
- Dalgın, T., Atak, O., & Çeken, H. (2016). Festivallerin Bir Kırsal Turizm Çekiciliği Olarak Önemi. *Journal Of International Social Research*, 9(47).
- Doğrul, Ü., Atçeken, K., & Şahin, A. (2015). Festival Kalitesinin Ziyaretçilerin Algıladıkları Değer, Tatmin Ve Sadakat Üzerine Etkisi: Mersin Uluslararası Narenciye Festivali Üzerine Bir Uygulama. *Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 72-84.
- Duffy, M. (2005), “Performing Identity Within A Multicultural Framework”, *Social And Cultural Geography*, 6 (5), S. 677 – 692.
- Ertüzün, E., & Fişekçioğlu, B. (2013). Kırsal Alanlarda Yapılan Rekreatif Faaliyetlerin Bölgede Yaşayanlara Etkisi. *Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, 55-58.
- Gül K., Erdem B., Gül M., 2013. Yerel Festivallerin Etkinliğine Bağlı Ziyaretçi Kazanımları: Sındırgı Yağcıbedir Festivali Örneği Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Y.2013, C.18, S.2, S.213-239.
- Gursoy, D., Kim, K., & Uysal, M. (2004). Perceived Impacts Of Festivals And Special Events By Organizers: An Extension And Validation. *Tourism Management*, 25(2), 171-181.

- Hjalager, A.M., Kwiatkowski, G. 2017. Entrepreneurial Implications, Prospects And Dilemmas İn Rural Festivals, Journal Of Rural Studies, İn Pres [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jrurstud.2017.02.019](http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jrurstud.2017.02.019), Erişim Tarihi: 26.01.2018
- Houghton, M. (2001), “The Propensity Of Wine Festivals To Encourage Subsequent Winery Visitation”, International Journal Of Wine Marketing, 13 (3), S. 32 – 41.
- İçelliöğlü, C. Ş. (2014). Kent Turizmi Ve Marka Kentler: Turizm Potansiyeli Açısından İstanbul’un Swot Analizi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (1), 37-55.
- Karagöz, D., (2006). Etkinlik Turizmi Ve Etkinlik Turizmi Bağlamında Yabancı Ziyaretçi Harcamalarının Ekonomiye Etkisi: Formula 1 2005 Türkiye Grand Prix Örneği, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Turizm Ve Otel İşletmeciliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Karapınar M., 2013. Kuzeydoğu Anadolu Turizm Destinasyonu Markalaşma Araştırması. [Http://Kudaka.Org.Tr/Ekler/19ee2-Ku zey doğu anadolu_Turizm_Destinasyonu_Tanitim_ Markalaşma_ Analizi. Pdf](http://Kudaka.Org.Tr/Ekler/19ee2-Kuzeydoğu%20anadolu_Turizm_Destinasyonu_Tanitim_Markalaşma_Analizi.Pdf). 21.01.2015.
- Karavaş, B. (2019). Kırsal Turizm Kapsamında Çay Turizminin Değerlendirilmesi “Artvin Örneği” Assessment Of Tea Tourism Within The Context Of Rural Tourism “Case Of Artvin”. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi* Cilt: 12 Sayı: 68
- Kızıllırmak, İ. (2006), “Türkiye’de Düzenlenen Yerel Etkinliklerin Turistik Çekicilik Olarak Kullanılmasına Yönelik Bir İnceleme”, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (15), S. 181 – 196.
- Kişioğlu, E., & Selvi, M. S. (2013). Yerel Etkinliklerin Tekirdağ’ın Destinasyon İmajına Etkisi: Yerel Paydaşlar Açısından Bir Değerlendirme. *International Anatolia Academic Online Journal Social Sciences Journal*, 1(1), 68-102.
- Küçük M., (2013). Kültür Turizmi Kapsamında Yer Alan Festival Etkinliklerinin Yerel Kalkınmaya Katkısı: Uluslararası Beyşehir Göl Festivali Üzerine Bir Araştırma [Http://Unikop.Org/Makale/Ks13-4-02.Pdf](http://Unikop.Org/Makale/Ks13-4-02.Pdf). 21.01.2015
- Lıtvın, S. W. And Fetter, E. (2006), “Can A Festival Be Too Successful? A Review Of Spoleto, Usa”, International Journal Of Contemporary Hospitality Management, 18 (1), S. 41 – 49. Emporary Hospitality Management, 18 (1), S. 41 – 49.

- McClinchey, K. A. (2008). Urban ethnic festivals, neighborhoods, and the multiple realities of marketing place. *Journal of travel & tourism marketing*, 25(3-4), 251-264.
- Özdemir, S. (2012). Kırsal Kalkınmada Kırsal Turizmden Yararlanma Olanakları: Gökçeada Örneği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2012(2), 19-21.
- Özgürel, G., Alan, R., & Bingöl, Z. (2015). Yerel Kalkınmada Bir Araç Olarak Festivaller: Munzur Kültür Ve Doğa Festivali. *International Journal Of Social And Economic Sciences*, 5(2), 113-121.
- Rızaoğlu, B.,(2003). Turizm Davranışı, İkinci Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara, 2003, S. 197.
- Sert, A. N. (2017). Yerel Halkın Festivallerin Başarı Faktörlerini Algılamalarına Yönelik Bir Çalışma: Beypazarı Örneği. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 29-44.
- Small, K., Edwards, D., Sheridan, L. 2005. A Flexible Framework For Evaluating The Socio-Cultural Impacts Of A (Small) Festival, *International Journal Of Event Management Research* 1(1): 66-77
- Smith C. Ve Jenner, P., (1998), The Impact Of Festivals And Special Events On Tourism, *Travel And Tourism Analyst*, No. 4, Ss. 73–91.
- Soykan, F. (2003). Kırsal Turizm Ve Türkiye Turizmi İçin Önemi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 12(1).
- Shyllon, F. (2007), “Argungu Fishing Festival İn Northwestern Nigeria: Promoting The Idea Of A Sustainable Cultural Fest”, *International Journal Of Cultural Property*, (14), S. 329 – 337.
- Şahin, G., (2010). Turizmde Marka Kent Olmanın Önemi: İstanbul Örneği, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Halkla İlişkiler Ve Tanıtım Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,
- Tayfun, A., Arslan, E. (2013). “Festival Turizmi Kapsamında Yerli Turistlerin Ankara Alışveriş Festivali’nden Memnuniyetleri Üzerine Bir Araştırma”, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, Cilt: 5, Sayı: 2, 2013, S.191-206.
- Torun, E. (2013). Kırsal Turizmin Bölge İnsanına Katkıları. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2013(1), 31-37.

- Yemenoğlu, E., Dalgın, T., & Çeken, H. (2013). Geleneksel Festivallerin Kırsal Turizm Üzerindeki Etkiler: Denizli-Honaz Kiraz Festivali Örneği. *International Journal Of Social And Economic Sciences*, 3(1), 16-21.
- Yolal, M. (2017). Türkiye'nin Etkinlik Turizmi Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm Ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (2), 35-51.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 28



**Potential use of Industrial Hemp in Ruminant Feeding
(Ferda Karakuş)**

Potential use of Industrial Hemp in Ruminant Feeding

Ferda Karakuş

Van Yüzüncü Yıl Universit,

Faculty of Agriculture Department of Animal Science

E-mail: fkarakus@yyu.edu.tr

1. Introduction

On a global scale, the protein needs and demand for farm animals has become one of the crucial problems. Protein needs have created a significant demand for soybean meal for a long time (Mezes, 2018), however, the high and volatile price of soybeans, as well as the presence of genetically modified soy in the market, which is forbidden in organic agriculture, has led to its partial or complete replacement with alternative feeds as a source of protein and fat for livestock (Klir et al., 2019). Alternative feeding strategies have also been promoted by the European Commission's agricultural policy, which promotes the development of sustainable livestock, due to public concern about the widespread use of genetically modified feeds such as soybeans in animal feeding (Regulation EC 1804/1999) (Facciolongo et al., 2014).

Today's ruminant-based food production faces several global challenges, including environmental pollution and accelerating climate change, as well as increasing human populations and needs to respond to food security. The animal production sector has been heavily criticized because of competition for food-feed or feeding animals with products suitable for human consumption and the use of arable land for animal feed production instead of directly producing edible food by humans. In ruminant-based food production, potential ways to improve the global food supply and reduce the environmental footprint without compromising animal products are explored. Therefore, the feasibility of using alternative feeds for ruminants also depends on the environmental burden of new feeds (Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018). It has been demonstrated in various studies that industrial hemp is environmentally friendly and sustainable (Aytac, 2018; Karche et al., 2019; Schumacher et al., 2020).

2. Industrial Hemp as a Feed Source for Ruminants

Cannabis (*Cannabis sativa* L.) is an annual herbaceous plant species in the Cannabaceae family, the genus *Cannabis*. The cultivated industrial cannabis is the *C. sativa* ssp. *vulgaris* L. variety that can be grown at a height of 120-450 cm. Hemp is a versatile plant that uses its fibers and stems, seeds,

leaves and flowers, and is used in paper, biofuels, food, pharmaceuticals, cosmetics, textiles, construction materials, automotive industry and many more (Şevik, 2020).

Among the main active components of the cannabis plant, there are terpenes and phenolics, especially cannabinoids (Koca Çalışkan, 2019). Delta-9-tetrahydrocannabinol is the principal psychoactive compound among the more than 60 cannabinoid derivatives found in these plants. Other natural cannabinoids are cannabidiol (CBD) and cannabinol (CBN) (Cemiloğlu Ülker, 2019).

Non-psychoactive cannabidiol (CBD) is found in both industrial cannabis and narcotic cannabis. Tetrahydrocannabinol (THC) is a substance directly related to the narcotic part of the cannabis plant. To improve cannabis agriculture, breeding studies of cannabis varieties with low THC rate and high yield in terms of fiber and seeds continue. The upper limit of THC ratio in industrial type cannabis has been determined as 0.3% for Canada and 0.2% for European Union countries. Contrary to the traditional cannabis, which is banned in many countries due to its narcotic properties, cannabis agriculture is gradually expanding thanks to the industrial hemp varieties developed in recent years and provides significant contributions to the country's economy (Göre and Kurt, 2021).

Four different types of feed obtained from cannabis plants for use in farm animals have been defined: hemp seeds, hemp seed cake/cake, hemp seed oil and the whole cannabis plant (including stems and leaves). Other products are hemp flour (dried ground hemp leaves) and hemp protein isolated from seeds (EFSA, 2011).

Hemp by-products' chemical composition is affected by the hemp variety and pressing and seed processing methods. The chemical composition of hemp seed, hemp seed cake, and hemp seed bark, and leaves and stems of the plant consist of 928-963 g/kg dry matter (DM), 32-341 g/kg DM crude protein, 0.08-290 g/kg DM ether extract substances, 328-900 g/kg KM neutral detergent fiber (NDF), 230-789 g/kg KM acid detergent fiber (ADF) and 39-112 g/kg KM raw ash (Semwogerere et al., 2020). Hemp seeds also contain high quality oil with large amounts of polyunsaturated fatty acids such as omega-3 and omega-6 (Eriksson, 2007).

The European Food Safety Authority (EFSA) has reported that the whole cannabis plant (including stems and leaves) can be a suitable feed material for ruminants and that hemp seeds and cakes can be used as feed material in all animal species. It also recommended introducing a maximum of 10 mg/kg THC content to hemp seed-derived feed materials (appropriately treated cannabis seeds, hulled hemp seeds, defatted cannabis seeds, hemp oil and hemp protein concentrate) (European Food Safety Authority, 2011).

It has been reported that hemp seeds and their by-products are suitable for the nutrition of ruminant animals due to their protein content, amino acid profile and rumen undegradable protein, and that the adverse effects of antinutritional factors are not observed (Bailoni et al., 2021).

Mustafa et al. (1999) revealed that hemp seed meal (774.2 g/kg crude protein) is a good source of rumen non-degradable protein equivalent to heat-treated canola meal (790.8 g/kg crude protein). It has been reported that hemp seed meal does not have detrimental effects on feed consumption or food use of sheep when substituted for canola meal as a protein source (up to 200 g/kg dry matter) in isonitrogenic rations.

Investigating the effects of full-fat cannabis seeds on performance and tissue fatty acids in beef cattle, Gibb et al. (2005), adding 0%, 9% and 14% hemp seeds to the ration did not have a significant effect on dry matter consumption, daily live weight gain and carcass characteristics; however, it was determined that feeding with hemp seeds had a positive effect on carcass fat accumulation and caused an increase in conjugated linoleic acid and omega-3 acid levels. On the other hand, in the fattening study in which hemp seeds were added to the ration with low crude protein content (12% and 14% crude protein), higher daily body weight gain, end-feeding body weight and microbial protein synthesis were observed in lambs fed with 14% crude protein + 10% hemp seeds (Amjazi et al., 2019).

Cozma et al. (2015) reported that the addition of hemp seed oil to the ration did not affect milk yield in goats, but significantly increased the milk fat ($P < 0.001$) and protein ($P < 0.05$) content, and significantly changed the milk fatty acid composition with a putative positive effect on human health. However, it was determined that there was no effect on milk cholesterol and vitamin A concentration.

The effect of adding hemp seeds to the diets of sheep in different feeding systems (indoor or part-time grazing) on milk yield and milk fatty acid composition was investigated. In the study, it was reported that partial grazing in the pasture + the addition of hemp seeds to the ration had a synergistic effect on milk production and fat yield without changing the milk protein content, and this combination increased the nutritional quality of milk by causing positive effects on the milk fatty acid profile (Mierlita, 2016).

In another study, it was determined that the addition of 5% hemp seeds to the ration had a positive effect on the way of energy production in lactating sheep, providing greater resistance to adverse climatic conditions such as low temperature, and it was also stated that higher milk lactose content would make dairy products more profitable (Iannaccone et al., 2019).

Unlike fodder oilseed meals, the by-products, which are generally obtained without heat treatment and have a very high oil content, are called 'cake, cold press waste'. Oilseed cakes contain higher fiber than their pulp from the same raw material. Because while the cakes are dehulled before processing, their fiber content remains high due to the direct exposure of the cakes to the cold press (Gültepe and Bayram, 2019).

The by-product obtained from pressed hemp seeds is of great interest in the animal feed industry due to its oil and protein content. Approximately 20% of oil is extracted in the cold press and the remaining product is used as animal feed. Hemp seed cake as animal feed has a nutritional value equal to rapeseed as protein feed (Eriksson, 2007). Hemp seed cake is also equivalent to hemp seed meal (Xu et al., 2020).

Similar body weight gain and carcass characteristics were determined in cattle fed with cold pressed hemp seed cake as a protein source instead of soybean meal, and it was reported that hemp seed cake is a suitable alternative protein source in cattle because it also improves rumen functions (Eriksson, 2007; Hessle et al., 2008). Similarly, Karlsson et al. (2010) reported that hemp seed cake can be used as a protein source for ruminant animals and the crude protein concentration in cold pressed hemp seed cake ranges from 319-385 g/kg dry matter.

It had been determined that hemp seed cake could be used as a protein supplement in the rations of dairy cattle and when added to the ration at moderate levels (143 g/kg dry matter), the best results for milk yield were obtained (Karlsson, 2010). Increasing rates of hemp seed cake resulted in a linear decrease in milk protein ($P=0.005$) and milk fat ($P=0.017$) concentrations, and a linear increase in milk urea ($P<0.001$). In the study in which the growth performances of lambs fed with pea, rapeseed meal or hemp seed cake as protein supplement were also compared, the addition of hemp seed cake to the ration did not improve their growth performance compared to the control group without protein supplementation. At the same time, hemp seed cake caused a decrease in the metabolic energy level of the diet, as it had an unusually high content of neutral detergent-insoluble fiber. The study indicated that the nutritional value of hemp seed cake would limit its use as protein feed for ruminant animals (Karlsson, 2010).

Similar results were obtained in the study of Karlsson and Martinsson (2011) in which they evaluated the effects of pea, rapeseed meal and cold pressed hemp seed cake on lamb growth performance as protein supplements in barley-based diets.

In another study conducted by Mierlita (2018) on sheep, milk yields in the control group, hemp seed group (180 g/day) and hemp seed cake group (480 g/day) were 728, 781 and 767 g/day ($P<0.05$), respectively. It was

found that milk yield increased probably due to hemp amino acids balanced for milk protein synthesis. In addition, the study revealed that the addition of hemp seed cake to sheep rations was more effective than hemp seed in improving milk fatty acid profile and health lipid indices.

Higher levels of hemp seed cake were required to improve the carcass fatty acid profile and antioxidant levels in lambs fed a diet in which hemp seed cake was substituted for up to 12% of dry matter instead of soybean meal (Antunovic et al., 2021).

In studies comparing hemp protein isolate with soybean protein isolate, hemp protein isolate had similar or higher essential amino acid levels (except lysine) than soybean protein isolate (Tang et al., 2006), and hemp protein isolate's in vitro digestibility (88-91%) were found to be higher (71%) than soybean protein isolate (Wang et al., 2008). Wang et al. (2008) also reported that no trypsin inhibitor was detected in hemp protein.

Cannabis seeds have a low THC content mostly found outside the seeds, mainly because of physical contamination of the plant leaves, with a maximum THC value of 12 mg/kg found in untreated seeds (European Food Safety Authority, 2011).

Kleinhenz et al. (2020a) investigated the nutrient content, digestibility and cannabinoid concentrations of industrial hemp and its by-products as cattle feed. For this purpose, the whole plant (without roots), stalks remaining after seed harvest, untreated female flowers for cannabinoid extraction, whole seed heads for seed production, leaves obtained from drying process, chaff obtained after seed harvesting and cleaning, processed female flowers after cannabinoid extraction were used in the study. According to the research findings, dry matter in plant material varied between 64.8%-96.6%, crude protein 5.3-24.5% and crude oil 1.2-12.5%. Six of the 10 cannabinoids tested were detected in all samples, with the highest concentrations of cannabidiolic acid, cannabidiol, and delta-9-tetrahydrocannabinolic acid A.

The production of medicinal cannabinoids has renewed interest in using industrial hemp by-products as a feed source for livestock. The hemp plant and its by-products are recognized to have nutritive and potentially therapeutic value when used as a feed source for livestock. It is important to know the distribution of bioactive phytocannabinoid compounds in edible tissues after cannabis consumption, as the presence of bioactive residues in animal tissues may be a risk factor for consumers (Kleinhenz et al., 2020b).

Noting that there hasn't been any research done on the pharmacokinetics of cannabinoids in ruminant animals like cattle, Kleinhenz et al. (2020b) determined plasma concentrations of cannabinoids following orally

administered industrial hemp administration. Of the cannabinoids, CBDA, tetrahydrocannabinolic acid-A (THCA-A), cannabidivarinic acid (CBDVA), and cannabichromenic acid (CBCA) were detected in all cattle after hemp dosing. The maximum geometric mean concentration of CBDA, determined as 72.7 ng/mL, was observed 14 hours after administration. CBDA had a geometric mean half-life of 14.1 hours. No changes were observed in serum biochemistry analysis following hemp dosing compared to baseline values. These results showed that acidic cannabinoids, especially CBDA, were readily absorbed from the rumen and ready to be distributed throughout the body.

Little is known regarding the presence and concentration of cannabinoids in commercial products due to the rapid growth of the industrial hemp market. Labeled products containing cannabis in the US market were evaluated for 11 cannabinoids and toxic elements. CBD concentrations in labeled products were found to range widely, with less than half of products found to contain cannabidiol concentrations within 20% of label claims. The study highlighted the need for further testing and research of the hemp market (Dubrow et al., 2021).

3. Conclusions

The legalization of industrial hemp production in many countries has increased the use of hemp by-products. For example, the increasing interest in hemp seeds with its increasing use in food, medicine, and cosmetics has made hemp seed a product with an important and growing potential market.

Agricultural and food industry wastes and by-products represent a significant portion of agricultural production worldwide. Therefore, in the context of reducing the economic losses in oil industry wastes, studies should be conducted to evaluate hemp seed waste as a feed source for farm animals, one of the potential usage areas. However, it is important to know the cannabinoid concentrations in industrial hemp and its by-products to reduce public concerns about its use as animal feed and human food.

4. References

- Amjazi, K. K., Jalilvand, G., Dayani, O., Banadak, M. D. (2019). Effects of Feeding Hemp Seeds in Diets with Different Levels of Crude Protein on Performance, Digestibility, Ruminal Metabolites and Synthesis of Microbial Protein in Baluchi Fattening Lambs. *Journal of Ruminant Research*, 7(2).
- Aytac, S. (2018). An Environmentally Friendly Plant in terms of Oxygen Supply: Hemp. 4th International Conference on Environmental Science and Technology. 19-23 September 2018, 31-34, Kiev.

- Bailoni, L., Bacchin, E., Trocino, A., Arango, S. (2021). Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed and Co-Products Inclusion in Diets for Dairy Ruminants: A Review. *Animals*, 11(856), 1-13.
- Cemiloğlu Ülker, Ö. (2019). *Cannabis Toksisitesi*. MİSED, 31-36.
- Cozma, A., Andrei, S., Pinte, A., Miere, D., Filip, L., Loghin, F., Ferlay, A. (2015). Effect of Hemp Seed Oil Supplementation on Plasma Lipid Profile, Liver Function, Milk Fatty Acid, Cholesterol, and Vitamin A Concentrations in Carpathian Goats. *Czech Journal of Animal Science*, 60(7), 289-301.
- Dubrow, G. A., Pawar, R. S., Srigley, C., Sam, J. F., Talavera, C., Parker, C. H., Noonan, G. O. (2021). A Survey of Cannabinoids and Toxic Elements in Hemp-Derived Products from the United States Marketplace. *Journal of Food Composition and Analysis*, 97(103800), 1-9.
- EFSA. (2011). Scientific Opinion on the safety of hemp (*Cannabis* genus) for use as animal feed. *EFSA Journal*, 9(3), 2011.
- Eriksson, M. (2007). Hempseed Cake as a Protein Feed for Growing Cattle. SLU, Dept. of Animal Environment and Health, Skara. Skara: SLU, Dept. of Animal Environment and Health.
- Facciolongo, A. M., Rubino, G., Zarrilli, A., Vicenti, A., Ragni, M., Toteda, F. (2014). Alternative Protein Sources in Lamb Feeding 1. Effects on Productive Performances, Carcass Characteristics and Energy and Protein Metabolism. *Progress in Nutrition*; 16, 2, 105-115.
- Gibb, D. J., Shah, M. A., Mir, P. S., McAllister, T. A. (2005). Effect of Full-Fat Hemp Seed on Performance and Tissue Fatty Acids of Feedlot Cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 85, 223-230.
- Göre, M., Kurt, O. (2021). Bitkisel Üretimde Yeni Bir Trend: Kenevir. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(1), 138-157.
- Gültepe, E. E., Bayram, İ. (2019). Bitkisel ve Endüstriyel Atıkların Ruminant Beslemede Etkin Kullanımının Hayvan Verimi Üzerine Etkileri. Editör: Çerçi, İ. H.. *Rekabet Edebilir Ruminant Yetiştiriciliğinde Yem ve Besleme Yönetiminin Önemi*, 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Rinne, M., Lamminen, M., Mapato, C., Ampapon, T., Wanapat, M., Vanhatalo, A. (2018). Review: Alternative and Novel Feeds for Ruminants: Nutritive Value, Product Quality and Environmental Aspects. *Animal*, 12, 295-309.

- Hessle, A., Eriksson, M., Nadeau, E., Turner, T., Johansson, B. (2008). Cold-Pressed Hempseed Cake as a Protein Feed for Growing Cattle. *Acta Agriculturae Scand Section A*, 58, 136-145.
- Iannaccone, M., Ianni, A., Contaldi, F., Esposito, S., Martino, C., Bennato, F., DeAngelis, E., Grotta, L., Pomilio, F., Giansante, D., Martino, G. (2019). Whole Blood Transcriptome Analysis in Ewes Fed with Hemp Seed Supplemented Diet. *Scientific Reports*, 9, 16192.
- Karche, T., Singh, M. R. (2019). The Application of Hemp (*Cannabis sativa* L.) for a Green Economy: A Review. *Turkish Journal of Botany*, 43: 710-723.
- Karlsson, L. (2010). Hempseed Cake as a Protein Feed for Ruminants. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences Umeå 2010.
- Karlsson, L., Finell, M., Martinsson, K. (2010). Effects of Increasing Amounts of Hempseed Cake in the Diet of Dairy Cows on the Production and Composition of Milk. *Animal*, 4(11), 1854-1860.
- Karlsson, L., Martinsson, K. (2011). Growth Performance of Lambs Fed Different Protein Supplements in Barley-Based Diets. *Livestock Science*, 138, 125-131.
- Klir, Z., Novoselec, J., Antunovic, Z. (2019). "An Overview on the Use of Hemp (*Cannabis Sativa* L.) in Animal Nutrition. *POLJOPRIVREDA*, 25(2), 52-61.
- Kleinhenz, M. D., Magnin, G., Ensley, S. M., Griffin, J. J., Goeser, J., Lynch, P. E., Coetzee, J. F. (2020a). Nutrient Concentrations, Digestibility, and Cannabinoid Concentrations of Industrial Hemp Plant Components. *Applied Animal Science*, 36, 489-494.
- Kleinhenz, M. D., Magnin, G., Lin, Z., Griffin, J., Kleinhenz, K. E., Montgomery, S., Curtis, A., Martin, M., Coetzee, J. F. (2020b). Plasma Concentrations of Eleven Cannabinoids in Cattle Following Oral Administration of Industrial Hemp (*Cannabis sativa*). *Scientific Reports*, 10, 12753.
- Koca Çalışkan, U. (2019). Kenevir Bitkisi ve Kannabinoid Üretiminde Biyoteknolojik Yöntemlerin Uygulanması. *MİSED*, 37-44.
- Mezes, M. (2018). Alternative Protein Sources in the Nutrition of Farm Animals. *Acta Agraria Debreceniensis*, 150, 21-31.

- Mierlita, D. (2016). Fatty Acid Profile and Health Lipid Indices in the Raw Milk of Ewes Grazing Part-Time and Hemp Seed Supplementation of Lactating Ewes. *South African Journal of Animal Science*, 46(3), 237-246.
- Mierlita, D. (2018). Effects of Diets Containing Hemp Seeds or Hemp Cake on Fatty Acid Composition and Oxidative Stability Of Sheep Milk, *South African Journal of Animal Science*, 48(3), 504-515.
- Mustafa, A. F., McKinnon, J. J., Christensen, D. A. (1999). The Nutritive Value of Hemp Meal for Ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, 79, 91-95.
- Schumacher, A. G. D., Pequito, S., Pazour, J. (2020). Industrial Hemp Fiber: A Sustainable and Economical Alternative to Cotton. *Journal of Cleaner Production*, 268: 122180.
- Semwogerere, F., Katiyatiya, C. L. F., Chikwanha, O. C., Marufu, M. C., Mapiye, C. (2020). Bioavailability and Bioefficacy of Hemp By-Products in Ruminant Meat Production and Preservation: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 572906.
- Şevik, M. A. (2020). Kenevir (*Cannabis sativa* L.) Bitkilerinde Görülen Virüs Kaynaklı Hastalıklar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 111-119.
- Tang, C. H., Ten, Z., Wang, X. S., Yang, X. Q. (2006). Physicochemical and Functional Properties of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Protein Isolate. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54(23), 8945-8950.
- Xu, Y., Li, J., Zhao, J., Wang, W., Griffin, J., Li, Y., Bean, S., Tilley, M., Wang, D. (2020). Hempseed as a Nutritious and Healthy Human Food or Animal Feed Source: a Review. *International Journal of Food Science and Technology*, 1-14.
- Wang, X. S., Tang, C. H., Yang, X. Q., Gao, W. R. (2008). Characterization, Amino Acid Composition and in Vitro Digestibility of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Proteins. *Food Chemistry*, 107, 11-18.

Natural and Engineering Sciences

CHAPTER 29



**Kahramanmaraş Lokasyonunda Bulunan Bir Güneş
Enerjisi Santralinin Değerlendirme Raporu
(Furkan Dinçer)**

Kahramanmaraş Lokasyonunda Bulunan Bir Güneş Enerjisi Santralinin Değerlendirme Raporu

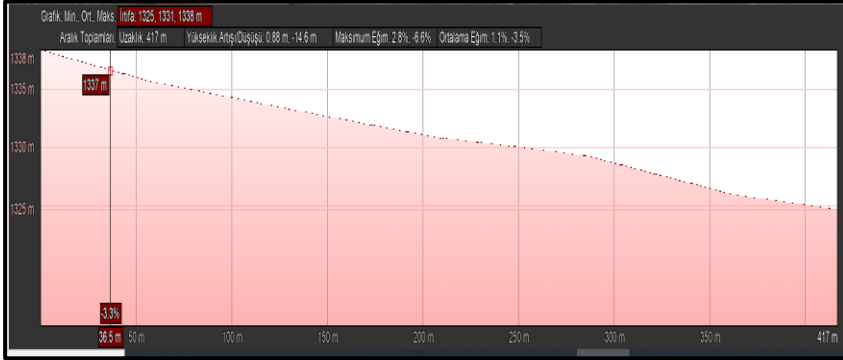
Furkan Dinçer

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
E-mail: furkandincer@ksu.edu.tr*

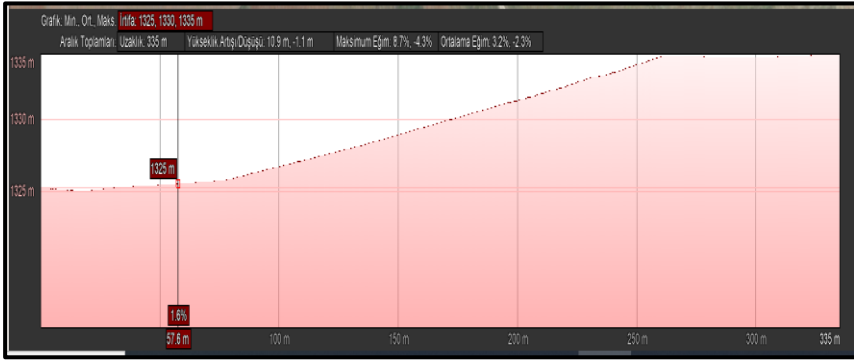
1. Giriş

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi dünyanın enerji üretim konusunda en önemli çözüm yolunu oluşturmaktadır. Güneş enerjisi santrali kurulum maliyetlerindeki hızlı düşüş bu santrallerin hızlı bir şekilde kurulumlarının artmasını sağlamıştır. Güneş enerjisi santralleri kurulumunun hızlı bir şekilde artması beraberinde bazı sorunları da meydana getirmiş ve getirmektedir. Bu sorunlar genel olarak karşımıza santralde performans kayıpları olarak ortaya çıkmış ve çıkmaktadır [1-3].

Bu çalışmada Kahramanmaraş lokasyonunda bulunan bir güneş enerjisi santralinin değerlendirme raporu hazırlanmış ve sunulmuştur. Santral detaylı olarak fiziki muayeneden ve performans değerlendirme analizinden geçirilmiştir.



Şekil 5: Arazi topografik yapısı, arazi güneye eğimli



Şekil 2: Arazi topografik yapısı, arazi doğuya eğimli

Arazi topografik yapısı güneş enerjisi açısından uygundur. Rakım 1330 metre civarındadır. Güneş enerjisi santrali için uygundur.

2. Çelik Konstrüksiyon

Sahada üç yatay panel sistemi kullanılmış olup, sıralar arasında önemli derecede gölge sorunu yoktur. Çelik konstrüksiyonda tek ayak ve galvanizli çelik kullanılmıştır. Kiriş olarak alüminyum tercih edilmiştir.



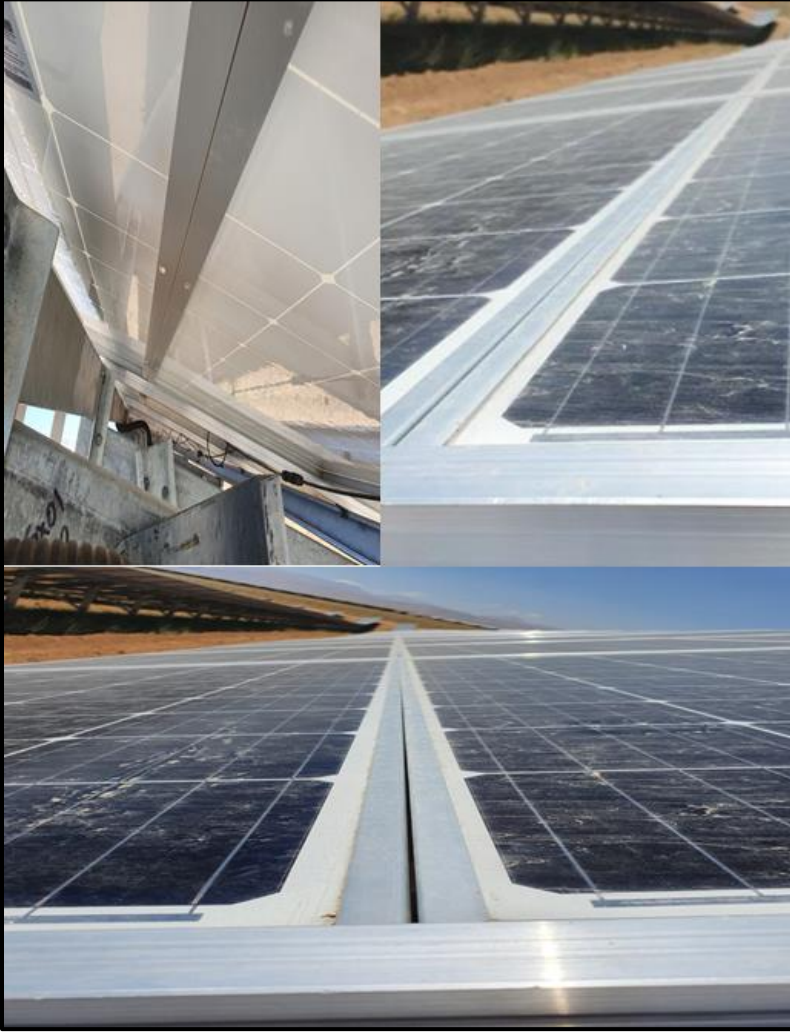
Şekil 3: Üçlü yatay montaj

Paneller arası boşluk bırakılmamış rüzgârda paraşüt etkisi yapabilir. Paneller arasında 2 cm boşluk bırakılması, panellerin soğuması ve şiddetli rüzgârda paraşüt etkisinin oluşturulmasının önlenmesi açısından faydalıdır. Rüzgar yükü açısından bulunan bölge şartları düşünüldüğünde çok iyi durumda değildir.

Paneller arasında yatayda ve düşeyde 2 cm boşluk bırakılmalıydı. Sehpa içinde paneller tek parça olarak montajlanmış. Tek ayak konstrüksiyon için sakıncalı bir montajdır. Standart bir montajda 3'lü veya 4'lü yatay

tasarımlarda ön kolon ve arka kolon olmak üzere çift ayaklı konstrüksiyon kullanılmalıydı.

Panellerin çerçevesi alüminyum olup, literatürde panellerin nasıl montajlanacağı mevcuttur. Panellerin içerisinde bulunan hücreler rüzgâr da sallanması durumunda kılcal çatlaklar oluşur ve panelin ömrünü azaltır. Panel tutucular panelin kısa kenarından tutturulmuş. Bu durum standart dışıdır.



Şekil 4: Paneller arası boşluk

Fotovoltaik paneller genelde uzun kenarlarından monte edilirler. Fotovoltaik panellerin kısa kenarından monte edilmesine bazı üreticiler, bazı durumlarda izin vermez (monte edilirse garanti kapsamı dışına çıkar). Kar, rüzgâr gibi hava şartlarından dolayı panellere uygulanan mekanik stres

bölgeden bölgeye değişim gösterir. Panellerin dayanabildiği maksimum stres genelde 2400 Pa ile 5400 Pa arasındadır. Orta panel tutucular simetrik olarak sabitlenmelidirler.

Panellerin yatay konumda olması özellikle kış aylarında gölge kaybını azaltacaktır.

1350 m rakım için tek ayak konstrüksiyon zayıftır. Özellikle kar ve rüzgâr yükü düşünüldüğünde çift ayak yapılması daha uygun olurdu. Megawatt için yaklaşık 50-60 ton gibi çelik kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu bölge için minimum 100 ton civarında çelik-çelik kullanılması uygundur.



Şekil 5: Tek ayak tasarımlı sehpa

İki kolon arası olan ayak araları 3 m olarak seçilmiştir. 2 m civarı daha sağlıklı olacaktır. Bu durum da bölgenin şartları düşünüldüğünde kar yükü açısından dayanımı zayıf olan bir durumdur. Ayrıca rüzgar yükü ve deprem yükleri açısından sehpaları tutacak arka çaprazlar kullanılmamıştır. Ayak arkalarında çaprazların monte edilmesi gerekirdi.

Çelik konstrüksiyonda paslanan çeşitli bölgeler mevcuttur. İlerleyen zamanlarda bu bölgelerde pas akmaları meydana gelebilir.



Şekil 6: Çelik konstrüksiyonda paslanma

Panel açısı 25 derece olup uygundur. Panel ön yüksekliği uygundur.

Çelik konstrüksiyonlarda kiriş olarak kullanılan alüminyum bağlantılarında sorunlar vardır. Rüzgar ve kar yüklerine maruz kalındığında bu sorunlar daha büyük arıza ve problemlere yol açabilecek seviyededir. Sahanın çeşitli bölgelerinde bu sorunlar mevcuttur.



Şekil 7: Çelik konstrüksiyon alüminyum kirişlerde sorun

3. Aydınlatma Direği, Kamera, Telçit

Aydınlatma direği ve güvenlik kamerası mevcuttur. Sahanın doğu tarafındaki aydınlatma direkleri gereğinden fazla yüksek yapılmış olup gölgelemeye neden olabilir durumdadır. Sahanın etrafında tel çit ve çevre yolu mevcuttur.



Şekil 8: Aydınlatma, kamera ve telçit durumu

Tesiste kullanılan spiral boruların klasik borular olduğu UV (ultraviyole) katkıli seçilmediği görülmektedir. UV katkıli olmayan spiral boruların dayanımı az olup zamanla gofret gibi kırılmaya uğramaktadır.



Şekil 9: Spiral boru

4. Paneller, İnvörtörler, Trafo ve Şalt Ekipmanları

33152 adet 320 W panel kullanılmıştır. Alfa solar enerji markalı A3S60M320 model 60 hücreli monoperc panel kullanılmıştır. Santral çalışmadığı için panellerin testleri yapılamamıştır.

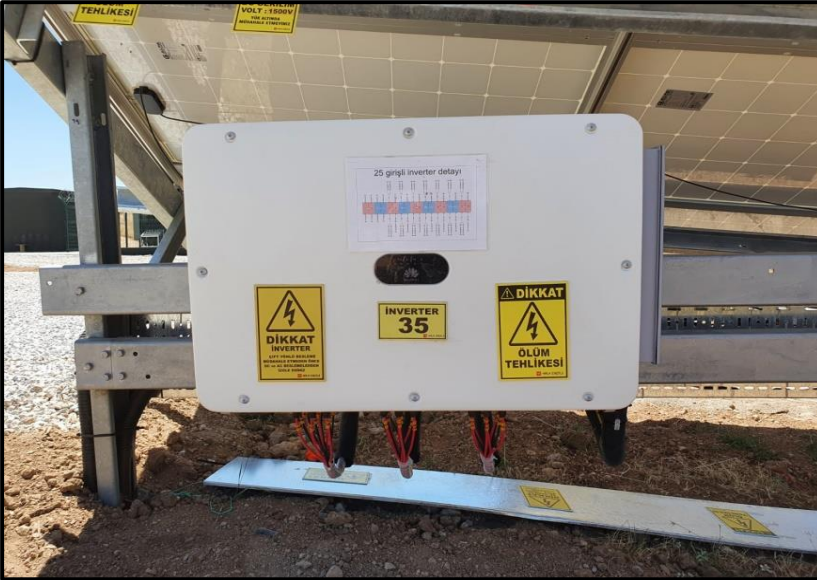
Kullanılan panel güncel verime sahiptir. Panelde Jbox olarak **ekinler** marka seçilmiştir.

Sahada 42 adet 185 kW Huawei invertör kullanılmıştır. Santral sözleşme gücü 7.000 kWe olduğu için İnvertörlerin 166 kW – 167 kW civarlarında sınırlandırılması gerekmektedir. İnvertörün nötr ucu kullanılmamıştır.

Panellere bağlı olan kablolar çelik halat ile tutturulmuş olsa daha iyi olurdu. Kablolarda belirli bölgelerde sarkmalar var. Bu sarkmalar rüzgarın da etkisiyle sistemde çeşitli arızalara yol açabilir.



Şekil 10: Panel kabloların sarkma



Şekil 11: İnvertör

Panelin nominal çalışma gerilimi 34,27 V ve boşta çalışma gerilimi 40,74 V tur. Paneller 32'li seri yapılmış olup dizi gerilimi nominal 1096,64 V boşta 1303,68 V'dur. Panelin verim eğrisine göre panel invertör uyumu uygundur.

Solar iletkenler ege kablo markadır. Solar kablo kesiti 4mm² seçilmiştir. 32 seri düşünüldüğünde solar kablonun artı, eksi toplam uzunluğu oldukça uzun olmaktadır. Bu kesit bu uzunluklar için uygun olmayabilir. **Dolayısıyla 6 mm² seçilmesi daha uygun olurdu.** Ayrıca izolasyon dayanımı daha iyi olan bir kablo markası tercih edilebilirdi.

AC iletkenler HES kablo markadır. İnvertör iletkeni olarak 3x95 mm² NAYY kullanılmıştır. İnvertör nötr ucu kullanılmadığı için 3x'lı kablo kullanılmıştır.

İnvertör iletkeni olarak kullanılan 3x95 mm² NAYY kabloya ait teknik özellikler aşağıda sunulmuştur. Seçilen kablo Toprakta 20 °C değerinde 211 A akım taşıma kapasitesine sahiptir. İnvertör 167 kW olarak sınırlandırıldığında yaklaşık 121 A akım çekecektir. Bu akım değeri seçilen kablo için uygundur.



Şekil 12: DC ve AC İletkenler

Tesiste 3 adet 2850 kVA gücünde trafo bulunmaktadır. Trafo markası olarak BEST marka seçilmiştir. BEST trafo markası en iyi trafo markalarından biridir. Trafo girişi AC 800 V şeklinde imal ettirilmiştir. Çıkış kademesi ayarlanabilir.



Şekil 13: Trafo

Tesiste 3 adet ana dağıtım panosu bulunmaktadır. Ana dağıtım panolarında bıçaklı sigortalı şalterler kullanılmıştır. Kullanılması yönetmelik gereği açısından sakıncalı değildir.

Ancak böyle bir tesiste her invertör için Termik Manyetik Şalter ve Kaçak Akım Rölesi kullanılması daha uygun olacaktır. Kaçak akımların algılanması daha sağlıklı olurdu. İlerleyen zamanlarda da işletme açısından Termik Manyetik Şalterler daha sağlıklıdır.



Şekil 14: Ana dağıtım panosu

5. Sonuç ve Öneriler

- Arazinin güney, doğu ve batı cepheleri açık olup, güneş enerjisi açısından uygundur.
- Sahada üç yatay panel sistemi kullanılmış olup, sıralar arasında önemli derecede gölge sorunu yoktur. Çelik konstrüksiyonda tek ayak ve galvanizli çelik kullanılmıştır. Kiriş olarak alüminyum tercih edilmiştir. **Tek ayak konstrüksiyon için sakıncalı bir montajdır. Standart bir montajda 3'lü veya 4'lü yatay tasarımlarda ön kolon ve arka kolon olmak üzere çift ayaklı konstrüksiyon kullanılmalıydı.**
- Megawatt için yaklaşık 50-60 ton gibi çelik kullanıldığı tahmin edilmektedir. **Bu bölge için minimum 100 ton civarında çelik-çelik kullanılması uygundur.**
- İki kolon arası olan ayak araları 3 m olarak seçilmiştir. **2 m civarı daha sağlıklı olacaktır.** Bu durum da bölgenin şartları düşünüldüğünde kar yükü açısından dayanımı zayıf olan bir durumdur.
- Paneller arası boşluk bırakılmamış rüzgârda paraşüt etkisi yapabilir. Paneller arasında 2 cm boşluk bırakılması, panellerin soğuması ve şiddetli rüzgârda paraşüt etkisinin oluşturulmasının önlenmesi açısından faydalıdır. **Rüzgar yükü açısından bulunan bölge şartları düşünüldüğünde çok iyi durumda değildir.**
- Rüzgar yükü ve deprem yükleri açısından sehpaları tutacak **arka çaprazlar kullanılmamıştır.** Ayak arkalarında çaprazların monte edilmesi gerekirdi.
- Panel tutucular panelin kısa kenarından tutturulmuş, standart montaja göre uygun değildir.
- Panellerin yatay konumda olması özellikle kış aylarında gölge kaybını azaltacaktır. Paneller yatay olarak konumlandırılmıştır.
- **Çelik konstrüksiyonda paslanan çeşitli bölgeler mevcuttur.** İlerleyen zamanlarda bu bölgelerde pas akmaları meydana gelebilir.
- Çelik konstrüksiyonlarda kiriş olarak kullanılan **alüminyum bağlantılarında sorunlar vardır.**
- Panel açısı 25 derece olup uygundur. Panel ön yüksekliği uygundur.
- Aydınlatma direği ve güvenlik kamerası mevcuttur.
- Sahanın etrafında tel çit ve çevre yolu mevcuttur.

- Santral sözleşme gücü 7.000 kWe olduğu için İnvertörlerin 166 kW – 167 kW civarlarında sınırlandırılması gerekmektedir. İnvertörün nötr ucu kullanılmamıştır.
- Panelin nominal çalışma gerilimi 34,27 V ve boşta çalışma gerilimi 40,74 V tur. Paneller 32’li seri yapılmış olup dizi gerilimi nominal 1096,64 V boşta 1303,68 V’dur. Panelin verim eğrisine göre panel invertör uyumu uygundur.
- Solar kablo kesiti 4mm2 seçilmiştir. 32 seri düşünüldüğünde solar kablonun artı, eksi toplam uzunluğu oldukça uzun olmaktadır. Bu kesit bu uzunluklar için uygun olmayabilir. **Dolayısıyla 6 mm2 seçilmesi daha uygun olurdu.** Ayrıca izolasyon dayanımı daha iyi olan bir kablo markası tercih edilebilirdi.
- AC iletkenler HES kablo markadır. İnvertör iletkeni olarak 3x95 mm2 NAYY kullanılmıştır.
- Trafo markası olarak BEST marka seçilmiştir. BEST trafo markası en iyi trafo markalarından biridir. Trafo girişi AC 800 V şeklinde imal ettirilmiştir. Çıkış kademesi ayarlanabilir.
- Tesiste kullanılan spiral boruların klasik borular olduğu **UV (ultraviyole) katkılı seçilmediği görülmektedir.**
- Termik Manyetik Şalter ve Kaçak Akım Rölesi yerine bıçaklı sigorta kullanılmıştır. İnvertör nötr ucu kullanılmamıştır. İlerleyen zamanlarda da işletme açısından Termik Manyetik Şalterler kullanılsa daha sağlıklı olurdu.
- Kablolarda belirli bölgelerde sarkmalar var. Bu sarkmalar rüzgarın da etkisiyle sistemde çeşitli arızalara yol açabilir.

6. Referanslar

- [1]. F. Dincer, S. Rustemli, S. Yilmaz, A. Cingi, Kilis ili için farklı yüksekliklerdeki rüzgâr potansiyelinin belirlenmesi, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, vol. 6, no. 1, pp. 12 – 20, 2017.
- [2]. F. Dincer, Lifetime and performance alteration of photovoltaic panels, the case of Aerzen, Germany, DUJE (Dicle University Journal of Engineering) 12:4 (2021) Page 591-594.
- [3]. S. Rustemli, I. Demir, Analysis and simulation of single phase-to-ground short circuit fault in Van 154 kV substation: An experimental assessment, Bitlis Eren University Journal of Science and Technology, vol. 9 , no. 2, pp. 76–82, 2019.



www.insackongre.com
insackongre@gmail.com

