

MÜHENDİSLİKTE YENİ ÇALIŞMALAR

Editör: Doç. Dr. Mehmet Sait CENGİZ



ISBN: 978-625-6643-88-8



MÜHENDİSLİKTE YENİ ÇALIŞMALAR

Editör

Doç. Dr. Mehmet Sait CENGİZ



MÜHENDİSLİKTE YENİ ÇALIŞMALAR

Editör: Doç. Dr. Mehmet Sait CENGİZ

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Baskı: Mart 2024

Yayıncı Sertifika No: 49837

ISBN: 978-625-6643-88-8

© Duvar Yayınları

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

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitavebi@gmail.com

"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 sorumluluk da yazarlara aittir."

İÇİNDEKİLER

1.Bölüm

TÜRKİYE'DE BİTKİ VE HAYVAN ATIKLARINDAN ÜRETİLEN ELEKTRİĞİN KONUTLARDA KULLANIMI.....4

Bayram KILIÇ

2.Bölüm

TEK AÇIKLIKLI YIĞMA KEMERİN LİNEER DİNAMİK ANALİZİ14

Halit Erdem ÇOLAKOĞLU, Muhammed ÖZTEMEL

3. Bölüm

TBDY-2018'DEKİ FARKLI ZEMİN KOŞULLARININ YAPISAL DAVRANIŞA ETKİSİNİN MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE İNCELENMESİ30

Muhammed ÖZTEMEL Halit Erdem ÇOLAKOĞLU

4. Bölüm

DENİZ EKOSİSTEMİNDE PLASTİK KİRLİLİĞİ40

Serpil SAVCI

5. Bölüm

LİTYUMUN (Li) KULLANIM ALANLARI VE SUCUL EKOSİSTEM ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ49

Serpil SAVCI

1. Bölüm

TÜRKİYE'DE BİTKİ VE HAYVAN ATIKLARINDAN ÜRETİLEN ELEKTRİĞİN KONUTLARDA KULLANIMI

Bayram KILIÇ ¹

¹ Assoc.Prof.; Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Technical Sciences Vocational School, Department of Electricity and Energy, Burdur, Turkey, bayramkiliç@mehmetakif.edu.tr ORCID No: 0000-0002-8577-1845

GİRİŞ

Enerji tüketimi, konutlarda aydınlatma, ısıtma, soğutma, elektronik cihazlar ve diğer ev içi aktivitelerle ilgili bir dizi faktörden kaynaklanmaktadır. Bu tüketim, genellikle fosil yakıtların yanı sıra elektrik enerjisi kullanımını içermektedir. Fosil yakıtlardan kaynaklı sera gazlarının yanı sıra elektrik enerjisi üretiminden kaynaklı sera gazları da küresel iklim değişikliği ve hava kirliliği gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Konutlardan kaynaklanan enerji tüketimi, sadece bireysel olarak konut sakinlerinin yaşamsal ihtiyaçlarının ve yaşam tarzlarının değil, aynı zamanda bütünsel olarak enerji güvenliği, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği gibi geniş konularda da önemli etkilere sahiptir. Enerji tüketiminin artması, fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılmasına ve atmosfere büyük miktarda sera gazının salınmasına neden olmaktadır. Konutlarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı, fosil yakıtlardan üretilen elektriğin tüketiminden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, konutlardaki enerji kullanımındaki artışlar, doğal kaynakların aşırı tükenmesine, hava kirliliğine ve ekosistemlerin bozulmasına neden olmaktadır. Konutlardaki enerji tüketimi, sadece çevresel sorunlarla yol açmakla kalmaz, aynı zamanda enerji güvenliği ve ekonomik istikrar açısından da büyük bir öneme sahiptir. Geleneksel enerji kaynaklarına olan bağımlılık, enerji arzında dalgalanmalara ve fiyat dalgalanmalarına da neden olabilir. Bu durum, konut sahipleri için maliyetleri artırabilir ve enerji tedarikinde güvenilirliği azaltabilir. Konutlarda enerji tüketiminin azaltılması ve buna bağlı olarak çevresel etkilerin de azaltılmasını için sürdürülebilir enerji stratejileri, konut enerji kullanımının optimize edilmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi gibi bazı önlemleri alınması gerekmektedir. Çeşitli yenilenebilir enerji teknolojileri, konut enerji kullanımını sürdürülebilir hale getirme potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve biyoenerji gibi kaynaklar, konutlarda kullanılacak temiz ve sürdürülebilir enerji kaynakları olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, enerji depolama teknolojileri ve akıllı ev sistemleri gibi inovasyonlar, enerji yönetimini daha da etkili hale getirerek konut enerji kullanımını optimize edebilir. Günümüzde artan enerji talebi ile birlikte konutlardan kaynaklanan enerji tüketimi ve buna bağlı çevresel etkiler önemli bir sorun haline gelmiştir. Konutlar, enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olup, bu tüketim miktarı doğrudan çevresel etkilerle ilişkilidir. Bu bağlamda, konut enerji kullanımının önemini anlamak, sürdürülebilir enerji stratejileri geliştirmek ve çevresel etkileri azaltmak için kritik bir adımdır (Akpınar, 2006).

Atık Malzemelerin Enerji Potansiyeli ve Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarına Olan Katkısı

Günümüzde, sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç giderek artarken, atık malzemelerin enerji potansiyeli de önemli bir konu haline gelmiştir. Atık malzemeler, organik ve inorganik olarak iki ana kategoride ele alınır ve her iki kategoride de enerji üretimi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Atık malzemelerin enerji potansiyeli, özellikle biyoenerji ve biyogaz üretiminde büyük bir öneme sahiptir. Organik atıklar, biyolojik olarak parçalanabilirler ve bu süreç sırasında metan gazı açığa çıkar. Biyogaz, bu gazların toplanması ve enerji üretimi için kullanılmasıyla elde edilir. Bu süreç organik atıkların, özellikle bitkisel ve hayvansal atıkların enerji dönüşümü açısından önemli bir kaynak olduğunu göstermektedir. Biyogazın yanı sıra, atık malzemeler ayrıca biyoetanol ve biyodizel gibi biyoyakıtların üretimi içinde kullanılabilir. Bitkisel atıkların fermentasyonu sonucu elde edilen biyoetanol, özellikle ulaştırma sektöründe fosil yakıtların yerine kullanılacak bir alternatif enerji kaynağıdır. Aynı şekilde, hayvansal atıklardan elde edilen biyodizelde, dizel motorlu araçlarda kullanılabilir.

Ayrıca, atık malzemelerin enerji potansiyeli sadece biyoyakıtlarla sınırlı değildir. Atık termoplastik ve termoset malzemeler, termal geri dönüşüm veya piroliz gibi yöntemlerle enerjiye dönüştürülmektedir. Bu işlemler, atıkların yüksek sıcaklıklarda parçalanarak enerji açığa çıkarmasını sağlarlar. Tüm bu süreçler sürdürülebilir enerji kaynaklarına büyük katkı sağlamaktadır. Atık malzemelerin enerji üretiminde kullanılması, hem enerji talebinin karşılanmasına katkıda bulunurken hem de atıkların çevresel etkilerini azaltarak atık yönetimi sorununa çözüm oluşturmaktadır (Amini ve Reinhart, 2011).

Atık Malzemelerin Toplama ve İşleme Süreçleri

Atık malzemelerin toplaması ve işleme süreçleri, çevrenin korunması ve sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir. Evlerden kaynaklanan atıklar, Türkiye’de belediyeler tarafından belirlenmiş gün ve saatlerde toplanır. Genellikle geri dönüştürülebilir malzemeler (kâğıt, karton, cam, plastik ve metal) ile geri dönüşüme uygun olmayan karışık atıklar farklı planlamalarla toplanırlar. Endüstriyel tesisler, özel atık yönetim firmaları aracılığıyla veya belirli endüstriyel atık yönetimi protokollerine uygun olarak atıklarını toplar. Bu atıklar genellikle tehlikeli ve özel işlemlere tabi tutulması gereken atıkları içerebilirler. İnşaat ve yıkım atıkları, genellikle yapı sahibi veya yüklenici tarafından atık yönetim firmalarına iletilir. Bu atıkların toplanması, genellikle malzemelerin türüne ve miktarına bağlı olarak organize edilir. Hastaneler, klinikler ve

laboratuvarlar gibi sağlık kurumları, özel olarak tasarlanmış konteynerler aracılığıyla tıbbi atıklarını toplar.

Atıklar genellikle ayrıştırma tesislerine taşınarak, geri dönüştürülebilir malzemeler diğer atıklardan ayrılırlar. Ayrıştırma işleminde manuel veya otomatik sınıflandırma yöntemleri kullanılabilir. Geri dönüştürülebilir malzemeler, plastik, cam, kâğıt, karton ve metal gibi farklı kategorilere ayrılırlar ve bu malzemeler daha sonra ilgili geri dönüşüm tesislerine gönderilirler. Organik atıklar, özellikle gıda artıkları ve bahçe atıkları, kompost tesislerine gönderilerek doğal gübre olarak kullanılabilir humus oluşturulurlar. Bazı atıklar, özellikle biyolojik atıklar, biyogaz tesislerinde kullanılarak enerjiye dönüştürülür. Biyogaz, elektrik üretiminde veya ısınma amaçlı kullanılabilir. Geri dönüştürülemez veya tehlikeli atıklar, özel bertaraf tesislerinde imha edilirler. Atık malzemelerin toplanması ve işlenmesi süreçleri, sürdürülebilir atık yönetimi ve çevre koruma hedefleri doğrultusunda sürekli olarak geliştirilmelidir ve yenilikçi çözümlerle desteklenmelidir.

BİYOĞAZ VE BİYOENERJİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN TEKNİKLER

Biyogaz ve biyoenerji üretimi, organik atıkların mikrobiyal fermantasyonu yoluyla metan gazı (biyogaz) elde edilmesi ve bu biyogazın enerjiye dönüştürülmesini içeren bir süreçtir. Günümüzde biyogaz üretiminde Anaerobik Sindirim (Biyočürütme), Biyolojik Metanizasyon (Biyolojik Metan Üretimi) ve Biyogaz Reaktörleri gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Anaerobik Fermantasyon (Biyogaz Üretimi):

Anaerobik fermantasyon, organik maddelerin oksijen olmadan mikroorganizmaların etkisiyle parçalanması sürecidir. Bu süreç sonunda, metan (CH₄) ve karbon dioksit (CO₂) olarak biyogazı üretilir. Anaerobik Fermantasyon tekniği, çeşitli organik atıkların değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknik aşağıdaki aşamalardan oluşur:

1. Giriş Malzemesi Hazırlığı: Bu aşamada organik atıklar, özellikle hayvan atıkları, bitkisel atıklar, gıda atıkları ve atık su arıtma çamurları gibi malzemeler, biyogaz üretimine uygun bir şekilde hazırlanmaktadır.
2. Reaktör (Fermentör) Sistemi: Hazırlanan organik malzeme, bir reaktör içine yerleştirilir ve mikroorganizmaların etkisiyle anaerobik fermantasyon gerçekleştirilir.
3. Biyogazın Üretimi: Mikroorganizmaların etkisiyle organik malzemeler parçalanarak metan gazı ile karbon dioksit gazı üretilmiş olur. Üretilen biyogaz enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

4. Arıtma ve Kullanım: Üretilen biyogaz enerji ihtiyaçlarını karşılamak, elektrik üretmek ya da ısınma amaçlarıyla kullanılabilir. Bu aşamada, çıkış gazları da arıtılarak atmosfere salınmadan önce temizlenmiş olur.

Biyolojik Metanizasyon (Biyolojik Metan Üretimi):

Biyolojik metanizasyon ya da biyolojik metan üretimi, organik atıkların mikroorganizmalar tarafından anaerobik koşullar altında parçalanması sonucu metan gazı ve karbon dioksit üretilmesini ifade etmektedir. Bu süreç, genellikle çeşitli biyolojik malzemelerin (organik atıkların) fermantasyonu ile gerçekleşmektedir ve bu işlemde bazı mikroorganizmalar katalizör görevi üstlenirler. Biyolojik metanizasyon işlemi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

1. Giriş Hazırlığı: Bu aşama organik atıkların toplanması ve giriş hazırlığı süreciyle başlamaktadır. Bu atıklar genellikle tarım artıkları, hayvan gübresi, gıda atıkları veya atıksu arıtma tesislerinden elde edilen çamur gibi organik malzemeleri içerebilmektedir.
2. Karıştırma ve Hazırlık: Organik malzemeler, bir karıştırıcı yardımıyla homojen bir karışım elde edilecek şekilde hazırlanırlar. Karıştırma ve hazırlık aşaması mikroorganizmaların daha etkili bir şekilde malzemelerle etkileşimde bulunmasını sağlamaktadır.
3. Anaerobik Fermantasyon: Hazırlanan organik malzemeler, anaerobik koşullarda yani oksijensiz ortamda bir reaktöre konurlar. Burada, metan üreten mikroorganizmalar, özellikle metanojen bakteriler, organik maddeleri metabolize ederler. Bu süreç esnasında, organik malzemeler metan (CH₄) ve karbon dioksit (CO₂) üretilmiş olur.
4. Biyogaz Üretimi: Anaerobik fermantasyon süreci sonucunda ortaya çıkan gaz, biyogazdır ve metanın ana bileşeni olup enerji üretimi için kullanılabilir.
5. Fermente Edilmiş Atık: Anaerobik fermantasyon sürecinden sonra kalan malzemeler, tekrar işlem görebilirler.

Biyolojik metanizasyon işlemi hem atık miktarını azaltır hem de enerji üretiminde kullanılarak çevresel sürdürülebilirlik sağlamaktadır. Bu nedenle, çeşitli endüstri alanlarında ve tarım alanlarında biyogaz üretimi giderek artmaktadır.

Biyogaz Reaktörleri:

Biyogaz Reaktörlerinde üretimde ise anaerobik sindirimi kolaylaştırmak ve kontrol altında tutmak için özel olarak tasarlanmış reaktörler kullanılır. Bu reaktörler, organik malzemelerin bakterilerle temasını optimize eder ve metan gazının toplanmasını sağlarlar (Amini vd., 2012). Biyogaz reaktörleri, biyokütle

içindeki organik malzemelerin çürütülmesi sırasında mikroorganizmaların faaliyetlerini optimize etmek ve aynı zamanda biyogaz üretimini artırmak amacıyla tasarlanmışlardır. Biyogaz reaktörleri karıştırılan reaktörler (continuous stirred tank reactors-CSTR) ve sabit yataklı reaktörler (fixed-bed reactors) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Her iki tür reaktörde de mikroorganizmalar, organik malzemeleri parçalayarak metan ve karbon dioksit gazlarını üretirler. Bu süreç aşağıdaki adımlardan meydana gelmektedir:

1. Besleme Aşaması: Organik malzemeler, genellikle hayvan gübresi, bitki kalıntıları veya diğer biyokütle kaynakları, biyogaz reaktörüne beslenir.
2. Çürütme (Fermantasyon) Aşaması: Beslenen organik malzemeler, biyogaz reaktöründeki mikroorganizmalar tarafından fermantasyona uğrarlar. Çürütme aşamasında, bakteriler organik malzemeleri parçalayarak metan, karbon dioksit ve diğer yan ürünleri üretmiş olurlar.
3. Gaz Ayırıştırma Aşaması: Üretilen gazlar (metan ve karbon dioksit) reaktörden çıkarılırlar ve daha sonra enerji üretimi veya diğer endüstriyel uygulamalar için kullanılabilirler.
4. Çamur Ayırma ve Atık Yönetimi: Gaz ayırıştırma aşamasından sonra reaktörde kalan çamur, su ve diğer atıklar ayrıştırılarak çamur geri dönüşümü veya atık yönetimi için işlenirler.

Biyogaz reaktörleri hem sürekli işleyen bir sistemde hem de kısmi olarak çalışan bir sistemde kullanılabilirler. Sürekli reaktörlerde, sürekli olarak organik malzeme beslenir ve gaz üretimi meydana gelir. Kısmi çalışan reaktörlerde ise belirli bir süre boyunca besleme yapılır, daha sonra reaktör temizlenir ve yeniden başlatılarak üretim devam eder. Biyogaz reaktörleri, enerji üretiminin sürdürülebilirliği, atık yönetimi ve çevresel etkilerin azaltılması açısından oldukça önemlidir. Bu sistemler, organik atıkları enerjiye dönüştürerek hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik faydalar sağlamaktadırlar.

Türkiye’de biyoenerji üretimi aşağıdaki süreçlerden oluşmaktadır. Kombine ısı ve elektrik üretimi (kojenerasyon); biyogaz bir elektrik jeneratörü ve ısı üreten bir sistemle birleştirilerek, aynı anda elektrik ve ısı üretimini mümkün kılan bir sistemde kullanılabilir. Bu, enerji verimliliğini artırarak biyoenerji üretiminden optimum fayda sağlar. Biyogazın yakılması süreci; biyogaz özel bir yakma sistemi kullanılarak direkt olarak enerjiye dönüştürülebilir. Bu metot elektrik üretimi, ısınma veya endüstriyel proseslerde enerji sağlama amacıyla kullanılabilir. Biyogazın temizlenmesi ve rafine edilmesi süreci; biyogaz içerdiği çeşitli bileşenler (örneğin, sülfür bileşikleri, su buharı, karbon dioksit) nedeniyle temizlenmelidir. Biyogazın temizlenmesi, enerji üretimi için kullanılmadan önce

gazın kalitesini artırmaktadır. Biyogazın şebekeye bağlanması süreci; biyogaz doğal gaz şebekesine bağlanarak geniş bir enerji dağıtım ağına entegre edilebilir. Böylece biyogazın çeşitli kullanım alanlarına ulaşması sağlanabilir. Tablo 1’de dünya biyogaz kaynakları ve potansiyelleri verilmiştir. Dünyada en büyük paya sahip biyogaz kaynağının 750 MTEP/yıl ile kentsel ve endüstriyel katı atıklar olduğu görülmektedir. Bu değeri kentsel ve endüstriyel atık su ve tarımsal atıklar eşit paylarla izlemektedir.

Tablo 1. Dünya Biyogaz Kaynakları ve Potansiyeli (YEGM, 2023)

| Dünya Biyogaz Kaynakları | Üretilen Biyogaz (MTEP/Yıl) | Kullanılabilir Biyogaz (MTEP/Yıl) |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Kentsel ve endüstriyel katı atık | 750 | 60-100 |
| Kentsel ve endüstriyel atık su | 50 | 40-50 |
| Tarımsal atıklar | 50 | 40-50 |
| TOPLAM | 1.800 | 140-300 |

Türkiye, son yıllarda enerji üretiminde yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynaklara yönelik çalışmalara hız veren bir ülke olarak dikkat çekmektedir. Türkiye’de bitkisel ve hayvansal atıklardan enerji üretimindeki çalışmalar, özellikle biyogaz ve biyoenerji üretimi üzerinde yoğunlaşmıştır. Tarım, hayvancılık ve gıda endüstrisinden kaynaklanan atıklar, biyogaz üretimi için en önemli kaynaklardır. Hayvan gübreleri, bitkisel atıklar ve gıda endüstrisinin yan ürünleri atıkların temel kaynaklarıdır.

Türkiye’de çeşitli bölgelerde biyogaz tesisleri kurularak, atıklardan enerji üretimi sağlanmaktadır. Özellikle biyogaz üretimiyle hem enerji ihtiyaçları karşılanmakta hem de çevresel etkiler azaltılmaktadır. Ayrıca, biyogaz üretimi sırasında ortaya çıkan çamur, gübre ve organik gübrenin tarım alanlarında kullanılması kaynakların geri dönüşümü de sağlanmaktadır. Ayrıca, Türkiye’de biyoenerji üretimi için biyokütle enerji tesisleri de geliştirilmektedir. Bu tesislerde, tarım ve orman ürünleri ile hayvansal atıklar kullanılarak elektrik ve ısı üretilmektedir (Anonim, 2021).

Tablo 2’de Türkiye hayvansal atık miktarları verilmiştir. En yüksek hayvansal atık miktarının 134150417 ton/yıl ile büyükbaş hayvanlardan kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu atık değerine karşılık gelen teorik enerji eşdeğeri ise 975180 TEP/yıl dır. Bu değeri sırasıyla küçükbaş hayvanlar ve kanatlı hayvanlar izlemektedir.

Tablo 2. Türkiye Hayvansal Atık Miktarları (BEPA, 2023)

| Tür | Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl) | Hayvansal Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) |
|--------------------|----------------------------------|--|
| Büyükbaş Hayvanlar | 134150417 | 975180 |
| Küçükbaş Hayvanlar | 46511866 | 105648 |
| Kanatlı | 13215796 | 3304544 |

Tablo 3’de sektörlere ve atık türüne göre hesaplanmış biyogaz potansiyelleri verilmiştir. Toplam teorik biyogaz potansiyelinin 626505 MWh/yıl olduğu görülmektedir. Bu değerde en büyük pay sahibinin hayvansal atıklar olduğu, ikinci sırada tarımsal atıklar olduğu görülmektedir. Bunları belediye atıkları ve son olarak tarım-sanayi atıkları izlemektedir.

Tablo 3. Atık Türüne Göre Hesaplanmış Biyogaz Potansiyelleri (TÜİK, 2023)

| Sektör | Atık | Teorik Biyogaz Potansiyeli [MWh/yıl] |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Hayvansal Atıklar | Sığır dışkısı | 313573 |
| | Kanatlı dışkısı | 62975 |
| Tarımsal atıklar | Tahıl sapları | 215.949 |
| | Şeker pancarı yaprakları | 3481,6 |
| | Domates atığı | 1575,9 |
| Tarım-Sanayi Atıkları | Et üretimi artıkları (Büyükbaş) | 257 |
| | Et üretimi artıkları (Kanatlı) | 59,4 |
| | Şeker Pancarı Fabrika Atıkları | 3491,6 |
| | Şarap Sanayii Atıkları (Üzüm Posası) | 754,7 |
| | Meyve Posası Atıkları | 1805,2 |
| | Peynir Altı Atık Suyu | 3495 |
| Belediye atığı | Belediye atığı | 19087,7 |
| | Toplam | 626505 |

Tablo 4. Sektörlere Göre Biyogaz Potansiyelleri Karşılaştırması (TÜİK, 2023)

| Sektör | Teorik Biyogaz Potansiyeli (MWh/yıl) |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Hayvansal Atıklar | 376548 |
| Tarımsal artıklar | 221006,5 |
| Tarım-Sanayi Artıkları | 9862,9 |
| Belediye Atıkları | 19087,7 |
| Toplam | 626505 |

SONUÇ

Bitkisel ve hayvansal atıkların konutların enerji ihtiyaçlarını karşılamada sürdürülebilir bir seçenek olabileceği görülmektedir. Bu yöntem, çevresel etkileri azaltabilir ve enerji bağımsızlığına katkıda bulunabilir.

Türkiye’de konutlarda bitkisel ve hayvansal atıklardan sağlanan enerjinin kullanımını teşvik etmek aşağıdaki öneriler sunulabilir:

1. Devlet, yerel yönetimler veya enerji şirketlerinin sunacağı finansal teşvikler ve hibeler,
2. Konut sahiplerine, bitkisel ve hayvansal atıkları enerjiye dönüştürme sistemleri kurduklarında vergi indirimleri sunulabilir.
3. Konut sahiplerinin, ürettikleri enerjiyi elektrik şebekesine geri vermesi ile gelir elde etmeleri sağlanabilir.
4. Halkı, işletmeleri ve diğer paydaşları atık enerji konusunda bilinçlendirmek için kampanyalar düzenlenebilir.

KAYNAKLAR

- Akpınar, N., 2006. Kentsel katı atıklardan enerji üretimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü. İstanbul.
- Amini, H. R., Reinhart, D. R. 2011. Regional prediction of long-term landfill gas to energy potential. Waste Management, 31: 2020-2026.
- Amini, H. R., Reinhart, D. R., Mackie, K. R. 2012. Determination of first-order landfill gas modelling parameters and uncertainties. Waste Management, 32: 305-316.
- Anonim, 2021. Elazığ ili biyogaz tesisi ön fizibilite raporu. 2021, Elazığ.
- YEGM. 2023. Biyogaz Yenilenebilir Enerjisi, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (Erişim Tarihi: 02.12.2023).
- BEPA. 2023. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası, <https://bepa.enerji.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 02.12.2023).
- TÜİK. 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103> (Erişim Tarihi: 02.12.2023).

2. Bölüm

TEK AÇIKLIKLI YIĞMA KEMERİN LİNEER DİNAMİK ANALİZİ

Halit Erdem ÇOLAKOĞLU¹
Muhammed ÖZTEMEL²

¹ Öğr. Gör.; Giresun Üniversitesi Keşap Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü.
erdem.colakoglu@giresun.edu.tr ORCID No: 0000-0002-4498-3569

² Öğr. Gör.; Giresun Üniversitesi Keşap Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü.
muhammed.oztemel@giresun.edu.tr ORCID No: 0000-0002-6530-0739

Özet

Kültürel mirasımızda önemli bir yere sahip olan tarihi yığma kemer köprülerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması son derece önemlidir. Bu doğrultuda tarihi kemer köprülerin deprem davranışlarının belirlenirken, meydana gelebilecek hasarların boyutlarının tespit edilerek onarım yöntemlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada tek açıklıklı forma sahip taş kemer köprüünün lineer dinamik analizi yapılmış, çatlak bölgeleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lineer dinamik analiz, kemer köprü, ansys, sonlu eleman

1. Giriş

İnsan eliyle üretilen ve kültürel miras olarak tanımlanan tarihi yapıların korunması ve gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılması için toplumların tarihi bir sorumluluğu bulunmaktadır. Bu çerçevede zengin kültür varlıklarına sahip olan ülkemizde de bu sorumluluk bilincinin oluşması son derece önemlidir.

Kültür mirasımız olarak gördüğümüz tarihi yapıların biri olan taş kemer köprüler, Anadolu'da yaygın olarak kullanılmıştır. Özellikle 19.yüzyıl içerisinde Anadolu'da çok sayıda taş kemer köprü yapılmış, bu köprüler yığma yapım tekniğiyle taş malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Köprüler çoğu zaman tek açıklıklı form kullanılarak, temel, kemer, yan duvarlar ve dolgu olmak üzere dört ana kısımdan oluşturulmuştur.

Türkiye sismik aktivitelerin çok yoğun şekilde yaşandığı bir coğrafyada yer almakla birlikte, taş kemer köprülerde meydana gelen hasarın en temel kaynağı da bu sismik aktivitelerdir. Bunların yanı sıra farklı zemin oturmaları, zamana bağlı deformasyonlar, sel ve heyelan unsurları ile bilinçsiz aşırı yüklemeler de taş kemer köprülerde hasar oluşmasına neden olmaktadır.

Taş kemer köprülerin ağır olması deprem anında oluşan yatay yük etkisinin büyümesine yol açmakta ve köprü yan duvarlarında meydana gelen düzlem dışı hareketler çatlak oluşumuna sebep olmaktadır. Taş kemer köprü ayaklarında sel anında oluşan oyulmalar da hasarın oluşmasına neden olan önemli bir etkidir (Türker, 2014). Meydana gelen oyulmalar taş köprü harcında çatlak oluşturarak köprü stabilitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

Çoğu zaman farklı mekanik ve yapısal özelliklere sahip doğal ve kesme taş kullanılarak inşa edilen taş kemer köprülerin yapısal davranışı da kendi içerisinde farklılık göstermektedir.

Bu açıdan hasar gören köprülerin onarılması için yapısal davranışının tespit edilmesi ve onarım tekniğinin taş köprünün dinamik davranışını nasıl etkileyeceğinin bilinmesi önemlidir. Bu doğrultuda analitik modelleme tekniklerinin kullanılması soruna hızlı bir çözüm getirmekle birlikte, gerçek davranışı tam anlamıyla yansıtmadığı da bilinmektedir (Jaishi ve Ren, 2005; Bayraktar ve diğ, 2007). Fanning ve Boothby (2001) sonlu eleman modelleme tekniğini kullanarak üç yığma köprüyü modellemiş ve gerçek servis yükleri altında statik analizlerini yapmıştır. Korkmaz vd. (2013), tarihi Timisvat köprüsünün zaman tanım alanında dinamik analizini gerçekleştirmiştir. Sayın vd. tarihi Uzunok köprüsünün doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizi gerçekleştirerek herhangi bir deprem durumunda meydana gelecek çatlak ağını belirlemiştirlerdir. Gonen vd. Sap2000 programını kullanarak tarihi yığma bir köprünün sonlu eleman modelini oluşturmuş, sabit yüklerin etkisi altında köprüne meydana gelecek deformasyon ve gerilmeleri belirlemiştirlerdir. Öncü vd.

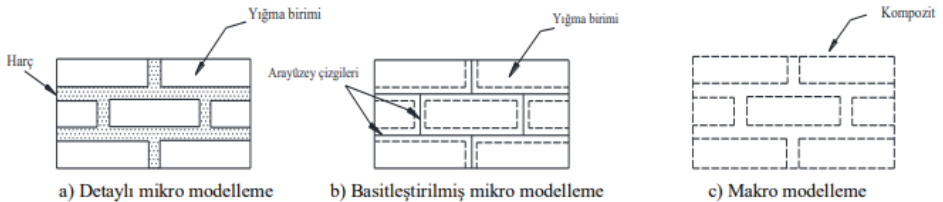
tarafından yapılan bir çalışmada Ansys programı kullanılarak sonlu eleman modeli yapılan tarihi Tuzluca köprüsünün statik ve dinamik yük etkileri altında doğrusal davranışı araştırılmış ve köprünün TBDY’de belirtilen sınırlı hasar performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Literatürdeki bazı çalışmalarda tarihi taş kemer köprülerde meydana gelen hasarın giderilmesi amacıyla güçlendirme çalışmaları üzerinde durulmuştur. D’Ambrisi vd. çimento katkılı karbon fiber malzeme kullanarak taş kemer köprülerde güçlendirme uygulaması yaparak yapısal davranıştaki değişimi incelemiştir.

Bu çalışmada taş kemer köprünün deprem etkileri altındaki davranışı lineer dinamik analiz yapılarak incelenmiştir. Bu amaçla köprünün sonlu eleman modeli ve lineer dinamik analizi Ansys programı kullanılarak yapılmıştır. Lineer dinamik analizlerde 2023 Maraş depremlerinin ivme kayıtları kullanılmıştır. Çalışmada deprem etkisine maruz kalmış taş kemer köprülerde meydana gelecek hasar bölgelerinin belirlenmesi ve bu köprüler için yapılacak onarım ve yenileme çalışmaları için faydalı olabilecek bilgilerin sunulması hedeflenmiştir.

2. Taş Kemer Köprülerin Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması

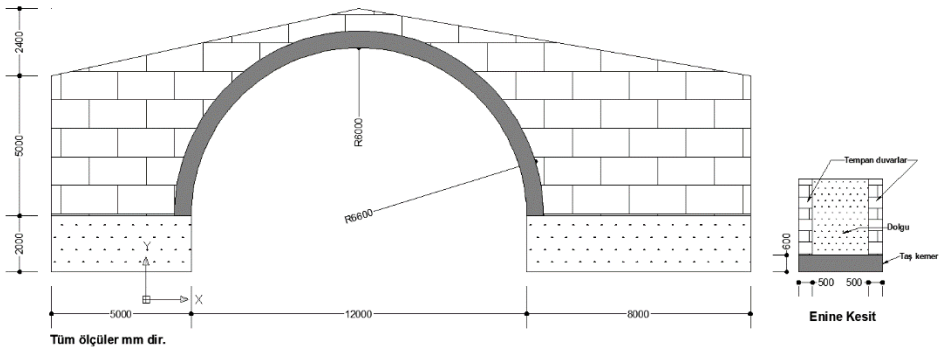
Sayısal analizlerde gerçek davranışa yakın sonuçlar alabilmek için modellemede kullanılacak sayısal parametrelerin doğru bir şekilde belirlenerek programa doğru olarak girilmesi son derece önemlidir. Yığma yapıların sayısal analizlerinde yapının boyutlarına bağlı olarak kullanılacak modelleme teknikleri de değişkenlik göstermektedir. Literatürde modelleme teknikleri micro, basitleştirilmiş micro ve macro modelleme teknikleri olarak üç farklı grupta ele alınmaktadır (Lourenço, 1996). Çözüm süresinin çok uzun olduğu micro modelleme tekniği küçük yapılar için elverişlidir. Yığma yapı boyutlarının harç tabakası kalınlığının yarısı kadar büyütülerek kullanıldığı basitleştirilmiş micro modellemede harç tabakası ihmal edilir. Macro modelleme tekniğinde ise taş ve harç arasında ayırım gözetmeksizin yapı kompozit kabul edilir ve malzemelerin ortak özellikleri yansıtılır (Özmen ve Sayın, 2020) (Şekil 1).



Şekil 1. Yığma yapılarda modelleme teknikleri (Sayın, 2009)

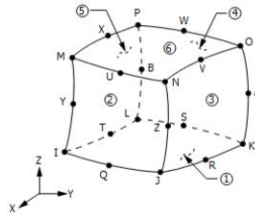
Sonlu eleman modeli yapılacak sistemin boyutu büyüdükçe, sonlu eleman sayısı da artacağından analiz süresi uzamaktadır. Çözüm süresinin kısa tutulması için büyük yapı sistemlerinin modellenmesinde makro modelleme teknikleri tercih edilmektedir (Pela vd., 2013; Zampieri vd., 2015).

Bu çalışmada Şekil 2’de boyut bilgileri verilen tek açıklıklı forma sahip taş kemer köprü’nün Ansys programı kullanılarak sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Köprü’nün toplam yüksekliği 7.4 m, toplam uzunluğu ise 25 m dir. 12 m açıklığa sahip kemer köprü 6m sabit yarıçapında tek taşıyıcı kemerden oluşmaktadır. Kemer kalınlığı 60 cm dir. Şekil 2’deki köprü enkesitinden de görüleceği üzere tempan duvar kalınlığı 50cm olup dolgu kalınlığı ise 2m dir. Tempan duvarlar ile kemerin alt kısmında 2m yüksekliğinde temel kısmı bulunmaktadır.



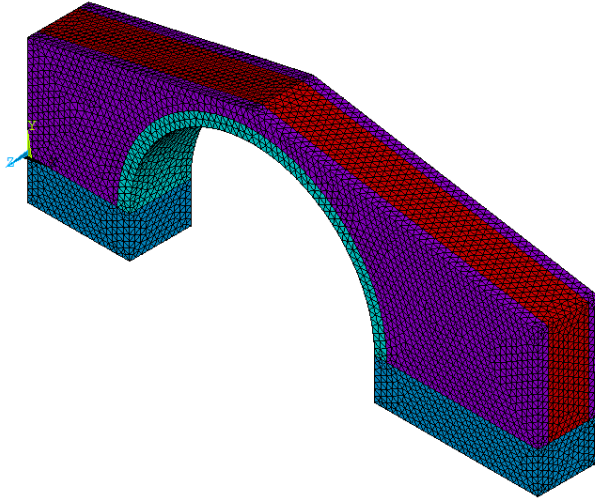
Şekil 2. Taş kemer köprü’nün boyut ve enkesit özellikleri

Köprü’nün sonlu eleman modelinde makro modelleme yöntemi kullanılmış olup, taş malzemenin tüm özelliklerini en iyi şekilde yansıtabilen SOLİD186 eleman tipi tercih edilmiştir. 20 düğüm noktasına sahip olan SOLİD186 elemanında her bir düğüm noktasında üç yerdeğiştirme serbestlik derecesi mevcuttur (Şekil 3).



Şekil 3. SOLID186 elemanı

Taş kemer köprünün Ansys programı kullanılarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 4’de gösterilmiştir. Köprünün sonlu eleman modelinde köprünün zemine oturduğu bölge ankastre mesnet kabulü yapılarak ele alınmıştır. Köprünün sonlu eleman modeli kemer, tempan duvarlar, dolgu ve temel olmak üzere dört kısımdan oluşmaktadır. Sonlu eleman modelinde kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiş olup, bu özelliklerin belirlenmesinde literatürdeki ilgili çalışmalar dikkate alınmıştır (Altunışık vd., 2011; Brencich ve Sabia, 2008)

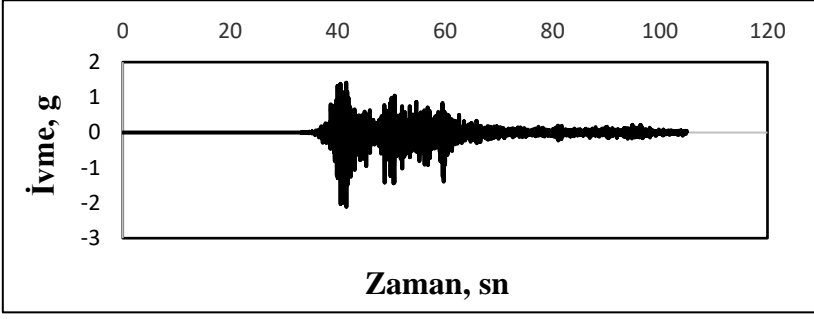


Şekil 4. Taş kemer köprünün sonlu eleman modeli

Tablo 1. Sonlu eleman modelinde kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

| Malzeme modeli | Elastisite modülü (N/m ²) | Poisson oranı | Birim hacim ağırlık (kg/m ³) |
|----------------|---------------------------------------|---------------|--|
| Kemer | 5.0E9 | 0.2 | 2000 |
| Tempan duvar | 3.0E9 | 0.2 | 2000 |
| Dolgu | 6.0E8 | 0.2 | 1800 |
| Temel | 7.0E9 | 0.2 | 2500 |

Köprünün lineer dinamik analizinde 6 Şubat 2023 Maraş depreminin 4614 kodlu istasyonunda doğu-batı doğrultusunda ölçülen ivme kayıtları kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Lineer dinamik analizde kullanılan deprem ivme kaydı

2.1. Taş Kemer Köprünün Modal Analizi

Lineer dinamik analiz öncesinde köprünün modal analizi yapılarak frekans değerleri elde edilmiş ve bu frekans değerlerine bağlı olarak Rayleigh sönüm katsayıları Bağını 1 ve Bağını 2’de belirtilen şekilde hesaplanmıştır.

$$\alpha = 2\zeta \frac{w_i \times w_j}{w_i + w_j} \quad (1)$$

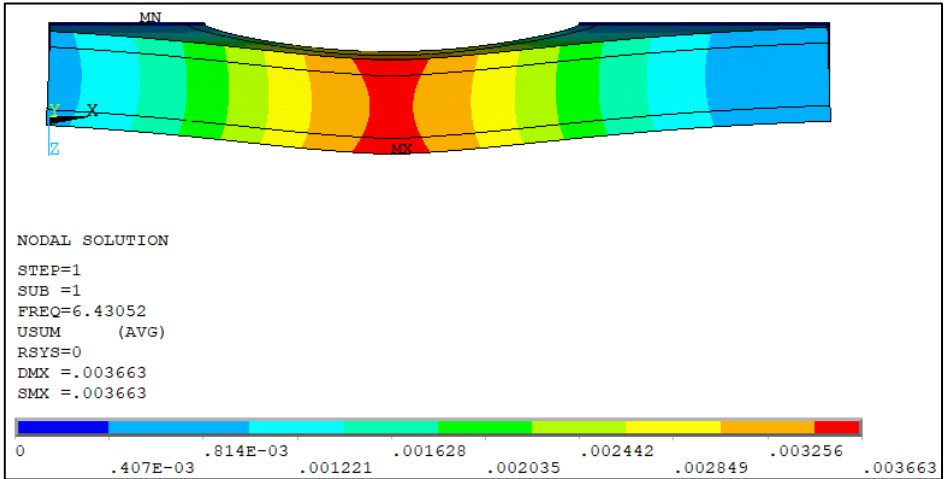
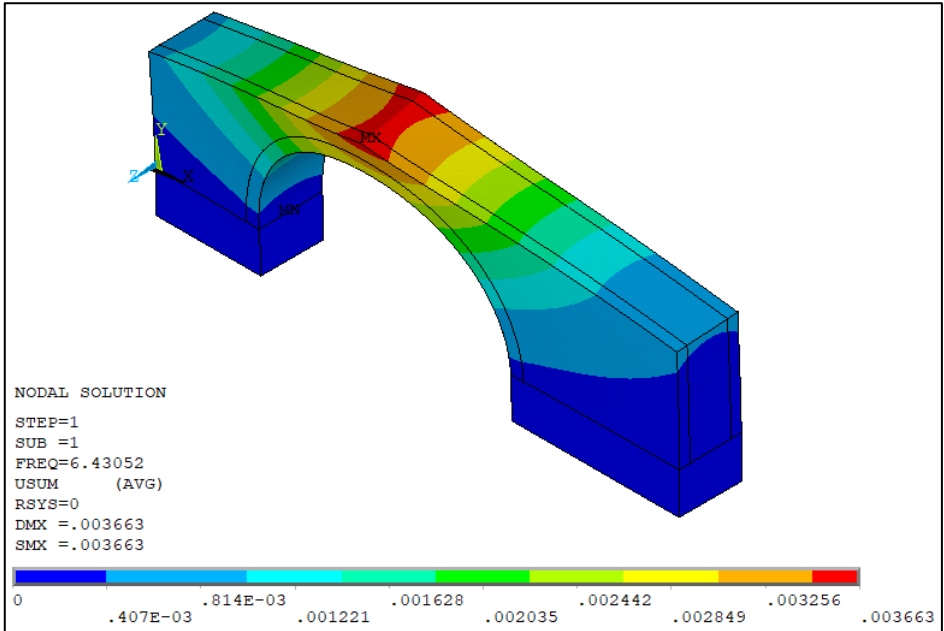
$$\beta = \frac{2\zeta}{w_i + w_j} \quad (2)$$

Burada sönüm oranı (ζ) 0.05 olarak kabul edilmiş olup w_i ve w_j Bağını 3 ve Bağını 4 kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

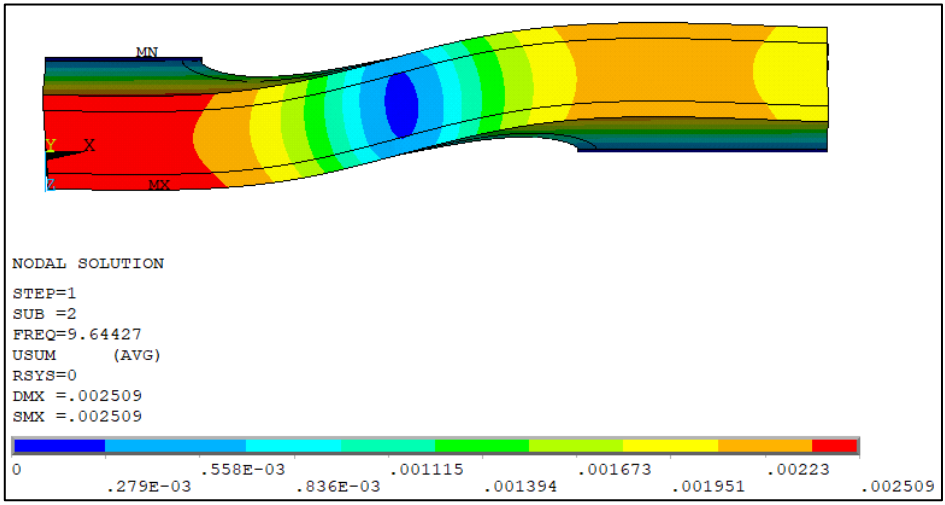
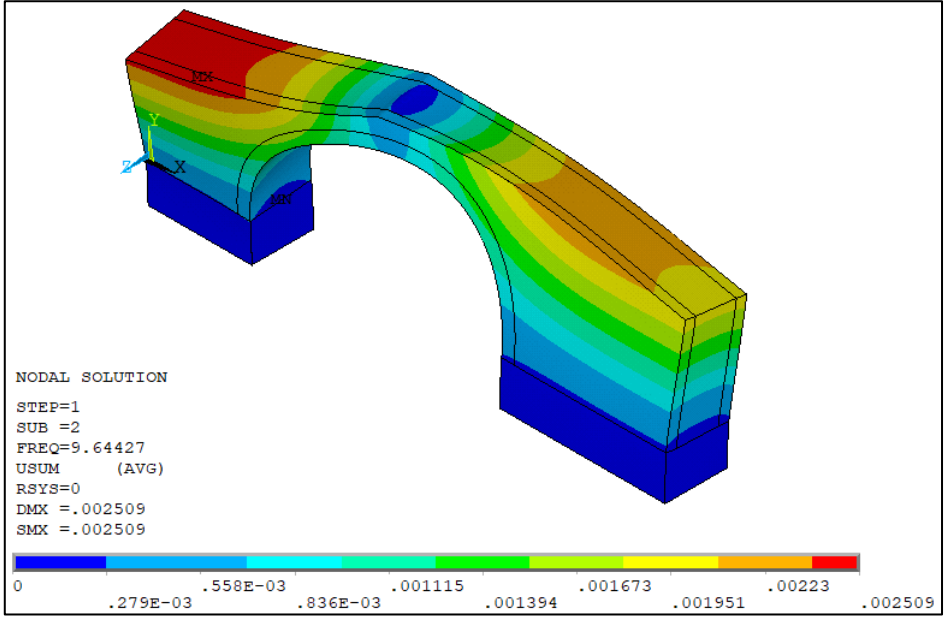
$$w_i = 2 \times \pi \times f_i \quad (3)$$

$$w_j = 2 \times \pi \times f_j \quad (4)$$

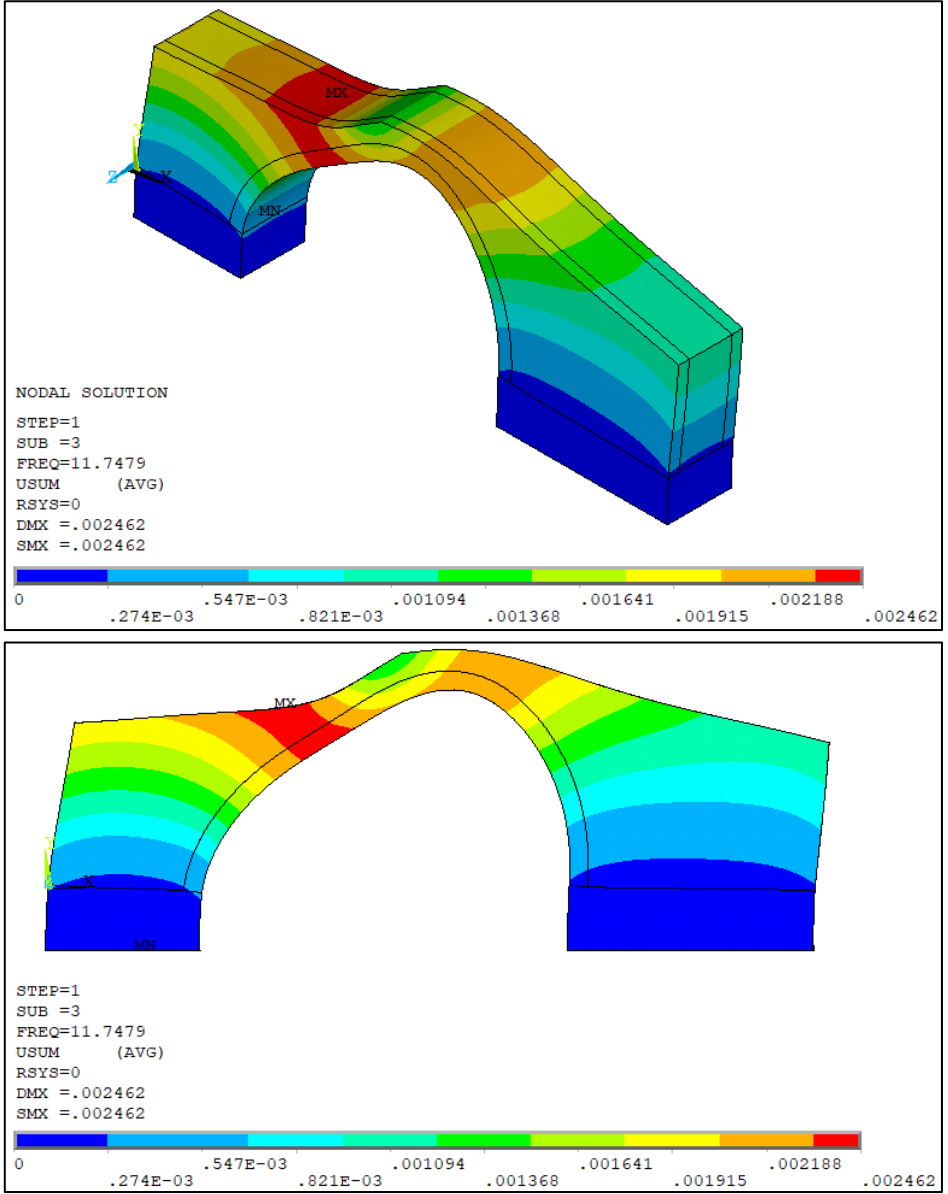
Taş kemer köprünün modal analizi sonucunda elde edilen ilk üç mod şekli ile bu modlardaki frekans değerleri sırasıyla Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’de verilmiştir. Mod şekilleri incelendiğinde ilk modun z doğrultusunda yatay ötelenme modu olduğu görülmektedir. Bu nedenle lineer dinamik analizde dikkate alınacak yer hareketi ivme kaydı z doğrultusunda uygulanacaktır.



Şekil 6. Birinci mod (z doğrultusunda) ($f_1 = 6.4305 \text{ Hz}$)



Şekil 7. İkinci mod (y doğrultusunda) ($f_2 = 9.6443 \text{ Hz}$)

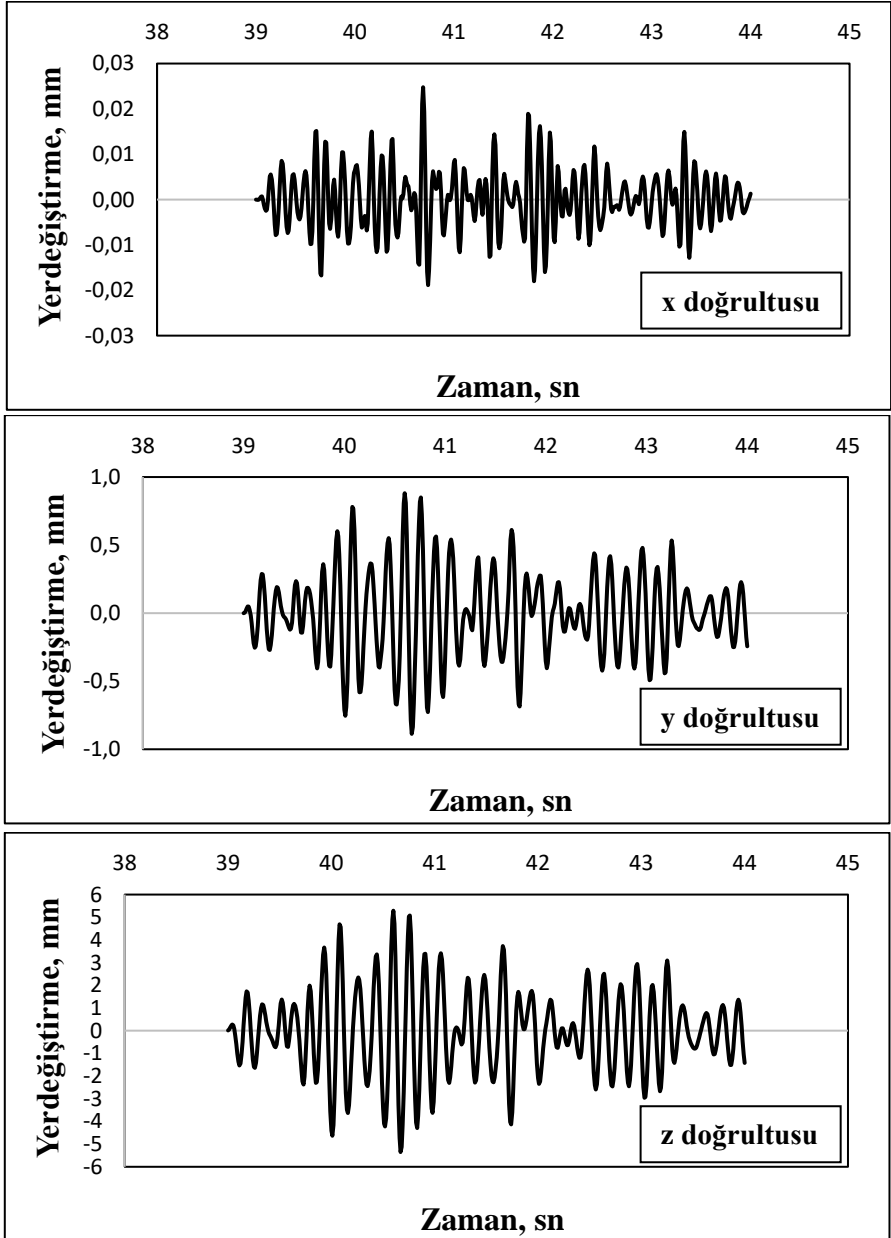


Şekil 8. Üçüncü mod (x doğrultusunda) ($f_3 = 11.7479$ Hz)

2.2. Taş Kemer Köprünün Lineer Dinamik Analizi

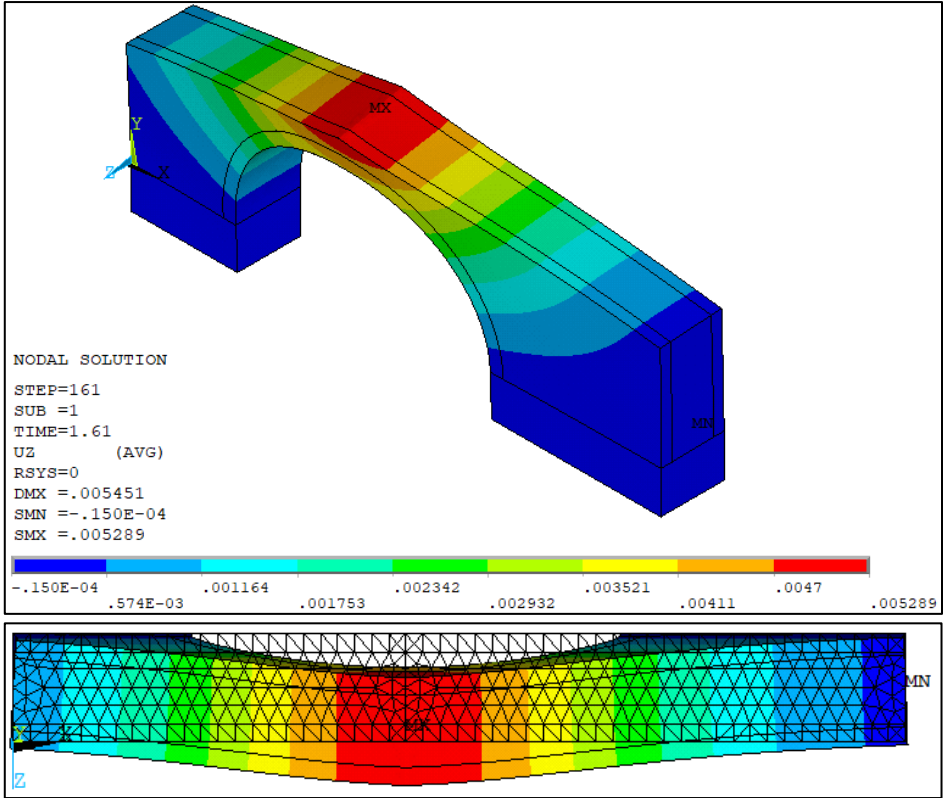
Ansys programı kullanılarak yapılan lineer dinamik analizlerde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Maraş depremine ait ivme kayıtlarının 39 ile 44 saniyeleri aralığındaki ivme değerleri kullanılmış olup köprüde meydana gelen en büyük yerdeğiştirmenin taş kemer köprünün orta açıklığının en üst kısmında 615 nolu düğüm noktasında meydana geldiği belirlenmiştir. Bu düğüm

noktasında x, y ve z doğrultusunda ölçülen yerdeğişmeler Şekil 9'da gösterilmiştir.



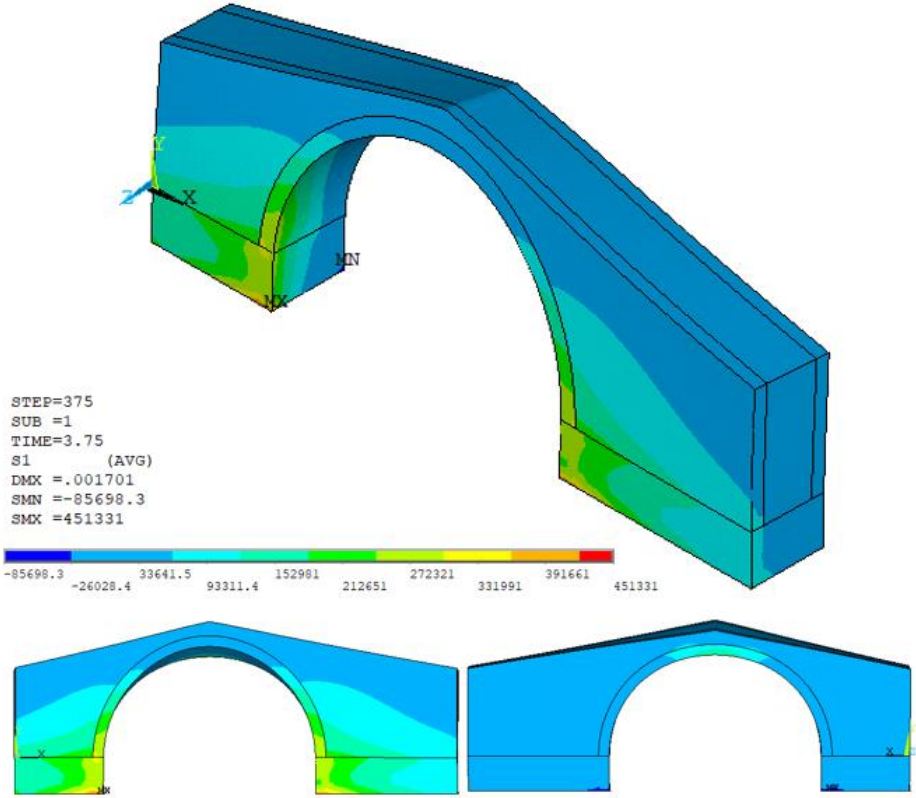
Şekil 9. 615 nolu düğüm noktasında x, y ve z doğrultusunda meydana gelen yerdeğişmeler

Şekil 9 incelendiğinde taş kemer köprüdeki en büyük yerdeğiştirmenin kemer orta açıklığında z doğrultusunda meydana geldiği ve değerinin 5.451 mm olduğu belirlenmiştir. Kemer köprünün sonlu eleman modelinde z doğrultusunda meydana gelen yerdeğiştirmenin kemer orta açıklığında en büyük değerine ulaştığı görölmektedir. (Şekil 10).



Şekil 10. z doğrultusunda meydana gelen yerdeğiştirmeler

Ansys programı kullanılarak yapılan lineer dinamik analizlerde kemer köprüde meydana gelen en büyük çekme gerilmesi 0.45 MPa, en büyük basınç gerilmesi ise 0.86 MPa olarak elde edilmiştir (Şekil 11). Bu gerilmeler en çok kemer temelinin zemin ile birleştiği bölgelerde meydana gelmiştir.



Şekil 11. Asal gerilme dağılımları

3. Sonuçlar ve Öneriler

Tarihimizin önemli yapıları arasındaki taş kemer köprülerin yapısal davranışını incelemek amacıyla boyut ve enkesit özellikleri rastgele seçilen tek açıklıklı taş kemer köprüünün Ansys programı kullanılarak sonlu eleman modeli yapılmış, önce modal analiz ardından da lineer dinamik analiz gerçekleştirilerek köprüünün deprem anındaki davranışının belirlenmesi ve hasar bölgelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Yapılan modal analizde kemer köprüünün ilk üç modu belirlenerek Rayleigh sönüm katsayıları hesaplanmıştır. Kemer köprü z doğrultusunda daha zayıf olduğundan 6 Şubat Maraş depremine ait ivme kayıtları bu doğrultuda uygulanmıştır. Kemer köprüde en büyük yerdeğiştirme kemer orta açıklığı üst kısmında z doğrultusunda elde edilmiş ve 5.451 mm olarak hesaplanmıştır.

Yapılan lineer dinamik analizlerde basınç ve çekme gerilmeleri köprüünün memba ve mansap cephesinde kemer ayaklarının zeminle mesnetlendiği noktada maksimum değerine ulaşmaktadır. Dolayısıyla meydana gelecek çatlakların da bu bölgelerde yoğunlaşması ve kemer köprüyü göçme durumuna ulaştırması

beklenmektedir. Bu sebeple çatlak oluşumunun yoğun olduğu bölgelerin daha ayrıntılı modelleme teknikleri kullanılarak modellenmesi ve bu bölgeler için doğrusal olmayan dinamik analizlerin yapılması daha gerçekçi sonuçların elde edilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

4. Kaynaklar

- Türker, T. (2014) Structural Evaluation of Aspendos (Belkıs) Masonry Bridge, *Structural Engineering and Mechanics*, 50, 4, 419-439.
- Jaishi, B., Ren, W.X., (2005) Structural Finite Element Model Updating Using Ambient Vibration Test Results, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 131, 617-628.
- Bayraktar A., Altunışık A.C., Türker T., Sevim B., (2007) Tarihi Köprülerin Deprem Davranışına Sonlu Eleman Model İyileştirilmesinin Etkisi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- Fanning, P.J. and Boothby, T.E. (2001) Three-Dimensional Modeling and Full-Scale Testing of Stone Arch Bridges, *Computers and Structures*, 79, 2645-2662.
- Korkmaz, K.A. Zabin, P. Çarhoğlu, A.I. Nuhoğlu, A. (2013) Taş Kemer Köprülerin Deprem Davranışlarının Değerlendirilmesi: Timisvat Köprüsü Örneği, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, Cilt 2, Sayı 1, 66-75.
- E. Sayın, M. Karaton, B. Yön, ve Y. Calayır, “Tarihi Uzunok köprüsünün yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak doğrusal olmayan dinamik analizi,” 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara, Türkiye, 11-14 Ekim 2011.
- H. Gonen, M. Dogan, M. Karacasu, H. Ozbasaran, and H. Gokdemir, “Structural failures in retrofit historical Murat masonry arch bridge,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 35, pp. 334–342, 2013.
- M.E. Öncü, A. Karaşin, R. İzgi, İ.B. Karaşin, “Tarihi Tuzluca köprüsünün yapısal durumunun değerlendirilmesi”, 4. Köprüler ve Viyadükler Sempozyumu, Ankara, Türkiye, 1-2 Kasım 2019.
- A. D'Ambrisi, F. Focacci, R. Luciano, V. Alecci, and M. De Stefano, “Carbon-frem materials for structural upgrade of masonry arch road bridges,” *Composites Part B: Engineering*, vol. 75, pp. 355-366, 2015.
- P.B. Lourenço, “Computational strategies for masonry structures,” Ph.D. Thesis, Delft Technical University of Technology, The Netherlands, 1996.
- Özmen A, Sayın E. 2020. Tarihi Yığma Bir Köprünün Deprem Davranışının Değerlendirilmesi, Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(2), 956-965.
- L. Pela, A. Aprileb, and A. Benedettic, “Comparison of seismic assessment procedures for masonry arch bridges,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 38, pp. 381-394, 2013.
- P. Zampieri, M. A. Zanini, and C. Modena, “Simplified seismic assessment of multi-span masonry arch bridges,” *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 13, no. 9, pp. 2629-2646, 2015.

- E. Sayın, “Yığma yapıların lineer olmayan statik ve dinamik analizi”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Elazığ, 2009.
- A.C Altunışık, A. Bayraktar, B. Sevim, and F. Birinci, “Vibration-based operational modal analysis of the Mikron historic arch bridge after restoration,” *Civ. Eng. Envir. Syst.*, vol. 28, no. 3, pp. 247-259, 2011.
- A. Brencich, and D. Sabia, “Experimental identification of a multi-span masonry bridge: The Tanaro Bridge,” *Construction and Building Materials*, vol. 22, pp. 2087-2099, 2008.

3. Bölüm

TBDY-2018’DEKİ FARKLI ZEMİN KOŞULLARININ YAPISAL DAVRANIŞA ETKİSİNİN MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNE GÖRE İNCELENMESİ

Muhammed ÖZTEMEL¹
Halit Erdem ÇOLAKOĞLU²

¹ Öğr.Gör., Giresun Üniversitesi, Keşap Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü,
muhammed.oztemel@giresun.edu.tr ORCID No: 0000-0002-6530-0739

² Öğr.Gör., Giresun Üniversitesi, Keşap Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü,
erdem.colakoglu@giresun.edu.tr ORCID No: 0000-0002-4498-3569

Özet

Bu çalışmada, farklı zemin sınıfları için yapılan analizler sonucunda 6 katlı betonarme yapıda meydana gelen yer değiştirmeler, taban kesme kuvvetleri, görelî kat ötelenme değerleri hesap edilmiştir. Hesaplamalarda 6 katlı betonarme yapı modeli kullanılmıştır. Betonarme yapı modeli TBDY 2018, TS500 ve TS498 yönetmeliklerinde belirtilen sınır şartları karşılayacak biçimde tasarlanmış ve modal analiz yöntemlerinden biri olan mod birleştirme yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Deprem tehlike haritası üzerinden Sakarya ili için ZA, ZB, ZC, ZD, ZE zemin sınıfları ve deprem yer hareketi düzeyi DD-2'ye bağılı olarak spektral ivme katsayıları hesaplanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda deprem yer hareketi DD-2 tercih edilerek farklı zemin sınıflarına göre betonarme yapıya ait taban kesme kuvvetleri, görelî kat ötelenme değerleri ve yer değiştirme değerleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Bina, Taban Kesme Kuvveti, Görelî Kat Ötelemesi, Mod Birleştirme Yöntemi, Zemin Sınıfı, Deprem Yönetmeliğı

1.Giriş

Ülkemizdeki yerleşim alanlarının büyük bir kısmının aktif deprem kuşağı üzerinde olduğu, son yıllardaki çalışmaların ortaya koyduğu bulgular arasındadır (Dok, Öztürk ve Demir, 2015:1697). Bu durumdan dolayı, yapıların deprem etkisi altında emniyetli bir biçimde tasarlanabilmesi için etkili bir projelendirme aşamasından geçilmesi önemlidir (Öztemel, Turan ve Çolakoğlu, 2022:154). Yerel zemin koşullarının çeşitli etkileri altında, depremlerin yapılar üzerinde yol açtığı hasarlar bilinmektedir. Bu etkiler genellikle, deprem sırasında yapıları etkileyen atalet kuvvetleri ve aynı zamanda depremler sırasında yapı temel zemininde meydana gelen sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve büyük yer değiştirmeler gibi olası olumsuzlukları kapsamaktadır. (Tohumcu, Kılıç ve Özaydın, 2003:85). Belirli bir coğrafi bölgede ve belirli bir kronolojik dönem içerisinde meydana gelebilecek yer hareketleri, potansiyel olarak hasara ve can kaybına yol açabilen bir durumu ifade eder; bu durum, deprem tehlikesi olarak adlandırılır (Peker ve Işık, 2021:1125).

Ülkemizin deprem bölgesi olması, yapılacak olan tüm yapılar için zeminin özelliklerini ve sınıflarını önemli hale getirmektedir. Bu yüzden Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), 2018 yılında yapıların daha güvenli ve dayanıklı olmalarını sağlamak amacıyla güncellenerek geliştirilmiştir. Güncellenen deprem yönetmeliği ve deprem tehlike haritasıyla birlikte çeşitli değişiklikler meydana gelmiştir (Başaran ve Hiçyılmaz, 2020:29). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), zemin sınıflandırmasını tabaka kalınlığı ve kayma dalga hızına göre dört sınıf (Z1, Z2, Z3 ve Z4) olarak belirlerken yeni yönetmelikle birlikte bu sınıfları en iyi zeminden en kötü zemine doğru sıralanmış ve altı sınıf şeklinde (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF) ifade edilmiştir (TBDY, 2018:343). Depremlerin neden olduğu çeşitli hasarlar, yapıların deprem performanslarını ayrıntılı bir şekilde incelemeyi ve değerlendirmeyi zorunlu hale getirmiştir (Akyıldız, Ulu ve Adar,2021:680). Yapılarda meydana gelen birçok yapısal hasarın temel sebeplerinden biri, zeminden kaynaklanan sorunlardır. Örnek olarak, sıvılaşma, zeminde aşırı oturma ve kaymalar, bu tür hasarların kaynağı olarak sayılabilir (Yüksel, 2008).

Bu araştırma kapsamında, her bir zemin sınıfına özgü olarak kısa periyot spektral ivme katsayıları, maksimum yer ivmesi, maksimum yer hızı, spektral ivme katsayıları, yatay elastik tasarım ivme spektrum köşe periyotları ayrı ayrı belirlenmiştir. ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için yatay yer değiştirmeler, taban kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelemesi gibi yapısal parametreler üzerinde bir inceleme gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, üç farklı zemin sınıfı için sonlu elemanlar programı kullanılarak tasarlanmış 6 katlı bir betonarme yapı analiz sonucunda meydana gelen yatay yer değiştirmeler, taban kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelemesi gibi yapısal parametreler üzerinde bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Beton sınıfı C25/30, kat yüksekliği 2.80m olan betonarme yapı, TBDY2018, TS500 ve TS498 standartlarına uygun bir biçimde modellenmiştir.

Burada yapı modelinin tasarımında İdeCAD statik 10 yapısal programı kullanılmış ve girilen parametrelerin doğrultusunda analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen veriler, Excel grafikleri kullanılarak görselleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışmada modal analiz yöntemlerinden biri olan mod birleştirme yöntemi tercih edilmiştir. Yapılarda, zemin sınıflarının etkisi altında ortaya çıkan değişik kesit etkileri belirlenerek detaylı değerlendirmeler yapılmıştır.

3. Betonarme Yapının Genel Özellikleri

Tamamlanmış bir yapıdan elde edilen projenin etüt raporu çerçevesinde, üç ayrı zemin sınıfı için analizler yapılmıştır. 6 katlı betonarme binanın bina önem katsayısı I=1 olarak belirlenmiştir.

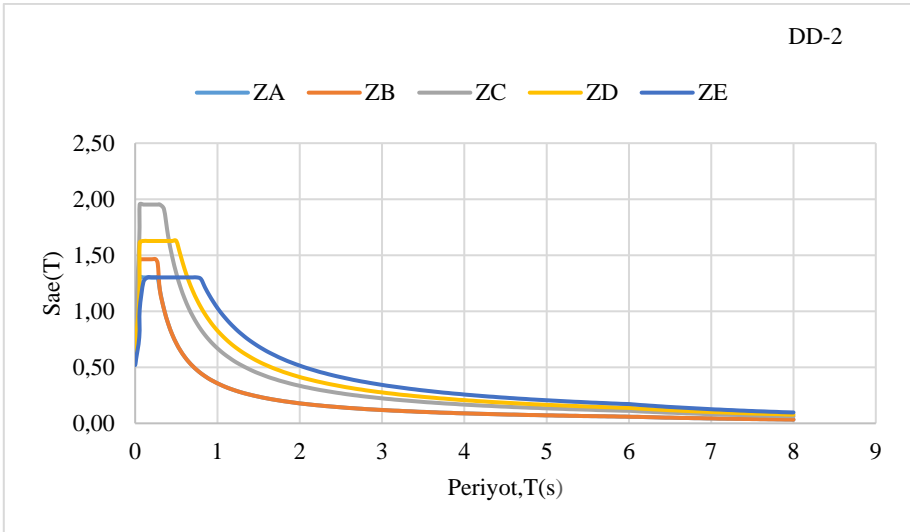
Tablo 1. Betonarme Yapıya Ait Genel Bilgiler

| | |
|----------------------------|----------------|
| Deprem Yer Hareketi Düzeyi | DD2 |
| Yerel Zemin Sınıfı | ZA,ZB,ZC,ZD,ZE |
| Kat Yüksekliği | 2.80m |
| Beton Sınıfı | C25/30 |
| Boyuna Donatılar | B420C |
| Enine Donatılar | B420C |
| Bina Önem Katsayısı | 1 |
| Kat Sayısı | 6 |

TBDY-2018'de, deprem yer hareket düzeyi, önceki yönetmeliklerden ayrılarak dört farklı biçimde tanımlanmıştır. Bu çalışmada deprem yer hareketi düzeyi DD2 olarak belirlenmiştir. Sakarya Merkezi'nde ZA, ZB, ZC, ZD, ZE zemin sınıfları ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre yatay elastik tasarım

spektrumları, TBDY2018 ve Türkiye Deprem Tehlike Haritaları'na uygun olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda, elde edilen yatay elastik tasarım spektrumları, azaltılmış yatay elastik spektrumlarına çevrilmiştir. Hesaplamalarda, bina kullanım sınıfı (BKS) 3, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) değeri 8, dayanım fazlalığı katsayısı (D) değeri 3 ve hareketli yük kütlesi katılım katsayısı (n) ise 0.3 olarak belirlenmiştir.

Seçilen lokasyon için zemin sınıflarına yönelik spektrum değerleri, Türkiye Deprem Haritaları internet platformundan temin edilmiştir. Sakarya ili için DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre beş farklı zemin sınıfı parametresi kullanılarak oluşturulan yatay elastik tasarım spektrumuna ait grafik Şekil 1'de verilmiştir.



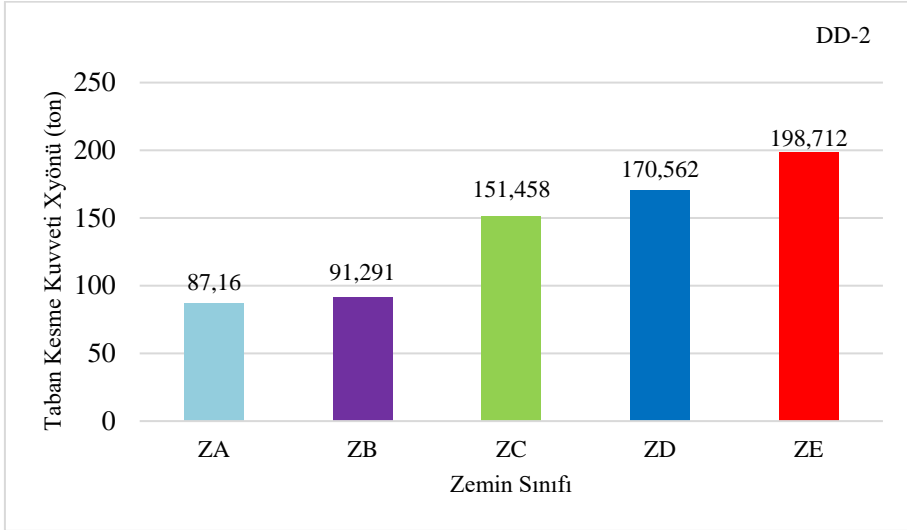
Şekil 1. DD-2 için beş farklı zemin sınıfına göre yatay elastik tasarım spektrumları

4. Bulgular ve Tartışma

4.1 Taban Kesme Kuvveti

Yapılan çalışmada analizler sonucunda Deprem Yer Hareketi Düzeyi -2 (DD-2) seçilerek 5 farklı zemin sınıfı için betonarme binadan elde edilen taban kesme değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. 7 katlı betonarme bina modelinin x yönü için analiz sonucunda taban kesme kuvveti parametresi ele alınırsa ZA zemin sınıfı referansı için sırasıyla ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında 1.04, 1.74, 1.96, 2.27 kat artış meydana gelmiştir. ZA ve ZB zemin sınıfları dikkate alındığında taban kesme kuvveti değerleri birbirine yakın değerler elde edilmiştir. ZC zemin sınıfı dikkate alındığında elde edilen taban kesme kuvveti,

ZA zemin sınıfına göre elde edilen taban kesme kuvvetinden %70 daha fazla sonuç vermiştir.

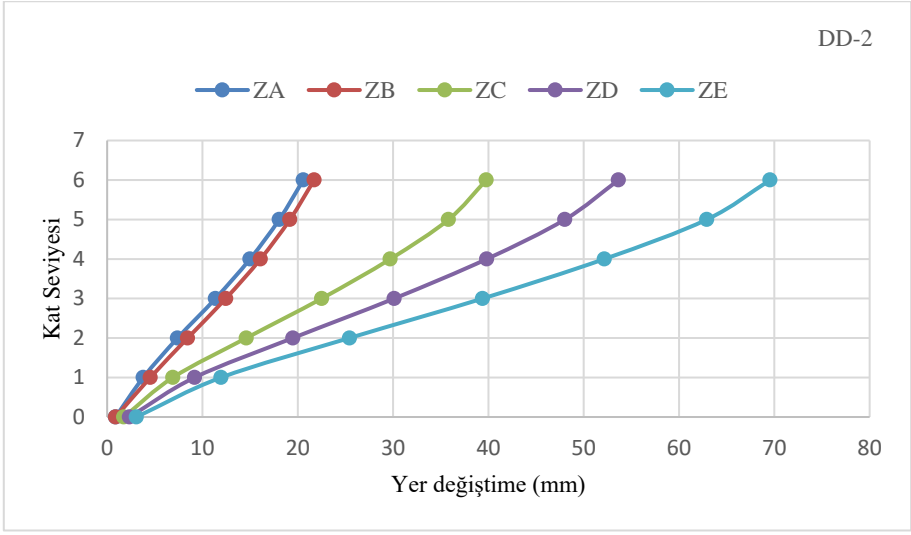


Şekil 2. DD-2 için farklı zemin sınıflarına ait taban kesme kuvveti değerleri

Araştırma bulguları sonucunda ZD ve ZE zemin sınıfları göz önüne alındığında, elde edilen taban kesme kuvveti, ZA zemin sınıfına göre elde edilen taban kesme kuvvetinden iki katı ve daha fazlasıyla belirgin bir şekilde büyük bir sonuç ortaya koymaktadır.

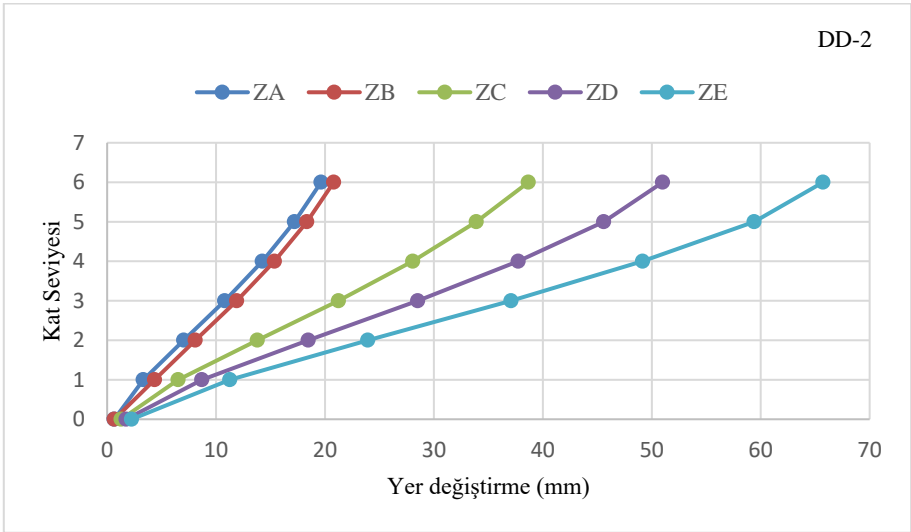
4.2 Yer değiştirme değerleri

Yapılan çalışmada analizler sonucunda Deprem Yer Hareketi Düzeyi -2 (DD-2) seçilerek 5 farklı zemin sınıfı için betonarme binadan elde edilen katlara göre yer değiştirme değerleri x ve y yönü için Şekil 3 ve Şekil 4’de gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, her bir farklı zemin sınıfı için yer değiştirme değerlerinin değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. ZA ve ZB zemin sınıfında yer değiştirme değerleri incelendiğinde x ve y yönünde birbirine yakın değerler ortaya çıkmıştır. Zemin sınıfının değişimiyle birlikte yapıdaki deplasman talebinin değiştiği gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Katlara göre x yönünde meydana gelen yer değiştirme değerleri

Zeminin yumuşaması ve rijitliğinin azalması durumunda, yapıda meydana gelebilecek X yönündeki yer değiştirme değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

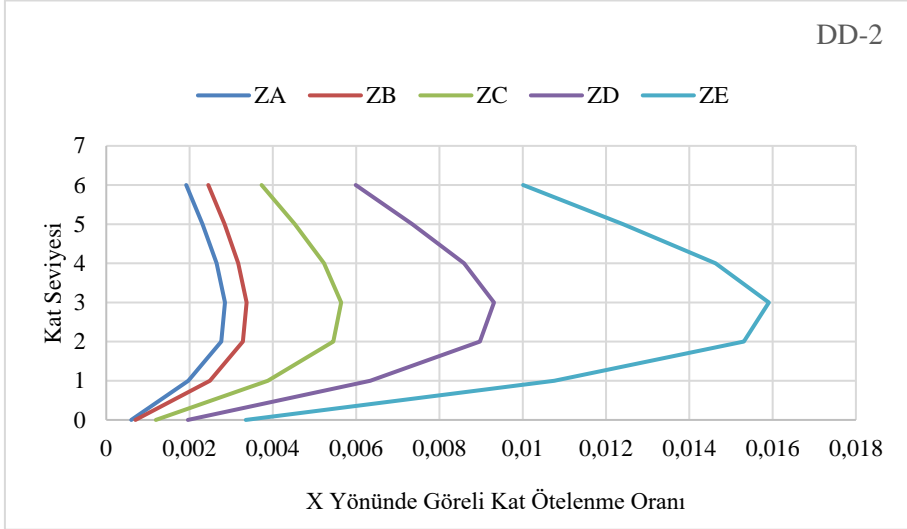


Şekil 4. Katlara göre y yönünde meydana gelen yer değiştirme değerleri

Yerel zemin koşullarının zayıflamasıyla Y doğrultularında yer değiştirme değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

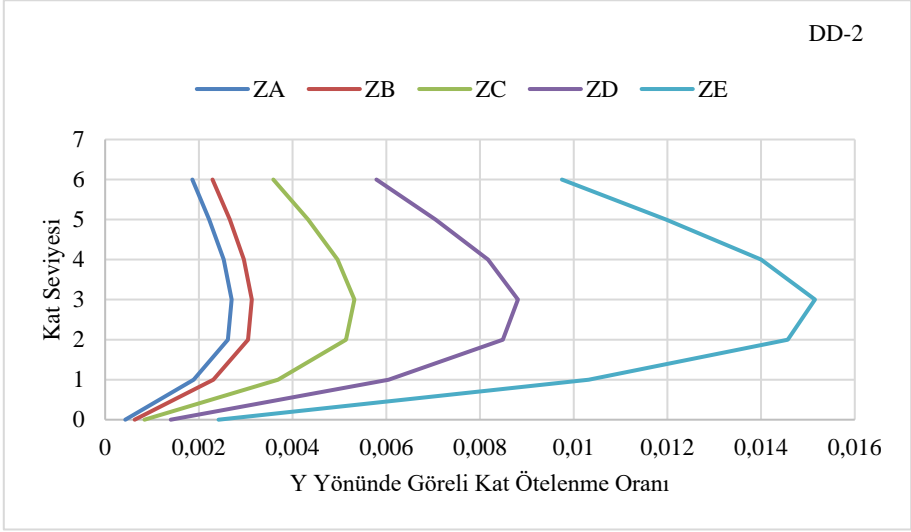
4.3 Görelî Kat Ötelenme Değerleri

Yapılan çalışmada elde edilen yer değiştirme değerlerine dayanarak, katlar arasındaki görelî kat ötelemelerinin zemin koşullarına bağlı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. ZA ve ZE zemin sınıfları göz önüne alınırđa zeminde meydana gelen rijitlik azalmasından dolayı görelî kat ötelemeleri sonuçlarının daha büyük değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir. Analiz sonucunda x yönünde ortaya çıkan görelî kat ötelemelerinin ayrıntılı değerleri şekil 5 ve şekil 6'da verilmiştir.



şekil 5. Katlara göre x yönünde meydana gelen görelî kat ötelenme oranları

Zeminin yumuşaması ve rijitliğinin azalması durumunda, yapıda meydana gelebilecek x yönündeki görelî kat ötelenme oranlarının arttığı belirlenmiştir.



Şekil 6. Katlara göre y yönünde meydana gelen görel kat ötelenme oranları

Yerel zemin koşullarının zayıflamasıyla Y doğrultusunda görel kat ötelenme oranlarında artış gözlemlenmiştir.

5.Sonuçlar

Yapılan analizler sonucunda, yapının bulunduğu zemin sınıfının rijitlik değerlerinin azalması durumunda, sistem üzerindeki yatay kuvvetlerin arttığı gözlemlenmiş ve bu artışın yapı sistemine ait taşıyıcı elemanlarındaki iç kuvvetler değerleri ile şekil değiştirme değerlerini artırdığı belirlenmiştir.

Taban kesme kuvveti, yer değiştirme ve görel kat ötelenmesi verileri, çalışmanın matrisini oluşturan ZE zemin sınıfı için en kritik sonuçlara ulaşmıştır. Tüm zemin gruplarına veriler incelendiğinde zeminin yumuşaması ve rijitliğinin azalmasıyla birlikte, yapıda x ve y yönlerindeki yer değiştirme değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Araştırma bulguları incelendiğinde en iyi olarak sınıflandırılan zemin sınıfından en kötü zemin sınıfına doğru, taban kesme kuvveti değerlerinde artış görülmüştür. Yerel zemin koşullarının zayıflamasıyla X ve Y doğrultularında yer değiştirme değerlerinde ve görel kat ötelenme oranlarında artış gözlemlenmiştir.

REFERANSLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2018). TBDY2018: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara.
- Akyıldız, M.H., Ulu, A.E., ve Adar, K.(2021). TBDY-2018'deki Yerel Zemin Koşullarının Deprem Kesit Tesirlerine Etkisi. Dicle University Journal of Engineering,12(4),679-687.
- Başaran, V., ve Hiçyılmaz, M.(2020). Betonarme Çerçevelerde Farklı Deprem Yer Hareketi Düzeyi Etkilerinin İncelenmesi. Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology,2(1),27-41.
- Dok, G., Öztürk, H., ve Demir, A.(2015). Farklı Zemin Koşullarındaki Betonarme Yapıların Davranışının Statik İtme Analizi ile İncelenmesi: 8 Katlı Çerçeve Örneği. 3RD International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science Universidad Politecnica de Valencia 3-5 June 2015,Spain,1697-1704
- İdeCAD. (2020). İde Yapı 10.20. Bursa, Türkiye.
- Öztemel, M., Turan, M.T., ve Çolakoğlu, H.E.(2022). Mevcut Az Katlı Betonarme Bir Binada Perde Kullanımı ve Yerleşiminin Yapısal Davranışa Etkisinin İncelenmesi. European Journal of Science and Technology,34,153-159.
- Peker, F.Ü., ve Işık, E.(2021). TBDY-2018'deki Yerel Zemin Koşullarının Çelik Yapı Deprem Davranışına Etkisi Üzerine Bir Çalışma. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10 (3), 1125-1139.
- Tohumcu, P., Kılıç, H., ve Özaydın, K.(2003). Yerel Zemin Koşullarının Depremler Sırasında Yapısal Davranış Üzerinde Etkileri Yönünden Sınıflandırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi,4,85-101.
- Yüksel, İ.(2008).Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,24(1-2),260-276.
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.(2018).Türkiye Deprem Tehlike Haritaları. <https://tdth.afad.gov.tr>,

4. Bölüm

DENİZ EKOSİSTEMİNDE PLASTİK KİRLİLİĞİ

Serpil SAVCI¹

¹ Doç. Dr.; Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü.
serpil.savci@yobu.edu.tr ORCID No:0000-0003-2015-2223

ÖZET

Modern toplumlar, günlük gereksinimleri karşılamak için birçok farklı türde malzemeye ihtiyaç duymaktadır. Bu malzemeler genellikle bir sistem veya ürün için bir malzeme kombinasyonu içindeki verimlilikleri veya sinerjileri temel alınarak seçilmektedir. Çok yönlülüğü ve kapasitesi sayesinde vazgeçilmez hale gelen, sayısız ürün, uygulama ve sektörde çok çeşitli ihtiyaçlara özel çözümler sunan, en yaygın kullanılan malzemelerden biri plastiktir. Son yıllarda plastiğin ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar sağladığı bilinmektedir. Ancak tek kullanımlık ürünlerin aşırı kullanımı, kara ve deniz faaliyetlerinden kaynaklanan plastik atık miktarının katlanarak artmasına yol açarak önemli ekonomik, çevresel ve sosyal sorunlara yol açmıştır. Bu sorunları çözmek ve plastiklerin neden olduğu atık ve kirlilik mirasına değinmek gerekmektedir. Bu kitap bölümünde tek kullanımlık plastikler ve bunların deniz ekosistemleri üzerine olan olumsuz etkileri anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Plastik, sucul canlılar, kirlilik, deniz, çevre.

GİRİŞ

Denizde ve okyanuslarda bulunan çöpler, deniz ve kıyı ortamında bırakılan ve zaman içinde varlığını sürdüren, üretilmiş veya işlenmiş öğeler gibi atılan her türlü katı maddeyi ifade etmektedir. Plastik atıklar genellikle doğrudan biriktirilme, kaybolma, terk edilme veya nehirler, atık su çıkışları, rüzgar veya gelgit yoluyla taşınma gibi kara kaynaklı kaynaklardan okyanusa girmektedir. Plajlardaki ve deniz ortamlarındaki plastik atıkların başlıca kaynakları arasında ambalaj ve tüketim malları gibi evsel atıkların yanı sıra tek kullanımlık ambalajlar gibi ticari faaliyetlerden, turizmden ve restorasyon çalışmalarından kaynaklanan atıklar yer almaktadır (Ahmad ve ark., 2023; Mathis ve ark., 2022).

Her dakika bir çöp kamyonu büyüklüğünde atık, özellikle de plastik, tüm dünya için büyük bir sorun olan okyanuslara sızmaktadır. Deniz ortamındaki plastik kirliliği, gelişmekte olan ülkelerde uygunsuz atık yönetimi, tüketim kalıpları ve artan nüfusla birlikte bilinçsiz çöp atma davranışı nedeniyle ciddi bir sorun oluşturabilmektedir (Ahmad ve ark., 2023; Ng ve ark., 2023).

Güney Asya, küresel plastik atıklara en fazla katkıda bulunan ikinci ülke olarak literatürdeki yerini almaktadır. Mevcut eğilimlere göre, herhangi bir önlem alınmazsa, Güney Asya'da yanlış yönetilen atık miktarının (plastik dahil) 2050 yılına kadar iki katına çıkarak 661 milyon tona çıkacağı ve bunun 70 milyon tondan fazlasının deniz ekosistemine atılacak plastik olacağı öngörülmektedir (Word Bank, 2021). Bölgenin okyanus ekosistemlerini, geçim kaynaklarını, insan sağlığını ve sürdürülebilir kalkınmayı daha geniş anlamda olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir (Chen ve ark., 2021; Ahmad ve ark., 2023).

Bu kitap bölümünde daha çok tek kullanımlık plastikler ve bunların deniz ekosistemleri üzerine olan olumsuz etkileri anlatılmıştır.

Plastik Malzemeler

Günümüzde plastik kirliliği çevreyle ilgili en problemlili konuların arasında sayılmaktadır. Plastik korozyona karşı dayanıklıdır, düşük yoğunluğa ve düşük elektrik ve ısı iletkenliğine sahiptir, bu da onun su ve oksijene karşı bariyer görevi görmesini sağlamaktadır (Frias and Nash, 2019).

Plastikler modern toplumlarda en fazla kullanılan malzemeler haline gelmiştir. Çeşitli kullanımlar için farklı formlarda şekillendirilebilirler. Tekstil endüstrisi, sağlık hizmetleri, tarım ve ulaştırma gibi çeşitli ekonomik sektörlerde kullanılırlar. Çok yönlü, hafif, sağlam, korozyona dayanıklı ve ucuz olan plastiklerin topluma fayda sağladığı açıktır. Ancak “Plastik Çağı” olarak da adlandırılan son yüzyılda plastiklerin aşırı üretimi ve birikmesi, olumsuz

çevresel ve toplumsal sonuçlara yol açmıştır (Saliba ve ark., 2022; Napper ve Thompson, 2020). Şekil 1’de günlük hayatımızda kullandığımız plastıklere örnek verilmiştir.



Şekil 1. Günlük Hayatta Kullanılan Plastikler

(<https://www.kingstonfirst.co.uk/update-single-use-plastic-ban-what-you-need-to-know/>).

İnsan yapımı plastiklerin tamamen ayrışması, özellikle hava koşullarının mekanizmalarının değiştiği deniz sularında onlarca yıl sürebilir. Plastiklerin denizdeki etkisi, bunların deniz ekosistemleri, insan sağlığı ve denizcilik endüstrileri açısından taşıdığı öneme ilişkin endişelere yol açmıştır. Okyanuslardaki plastik kirliliği; nehirler ve kanallar, kanalizasyon deşarjı, denizdeki gemilerden kaynaklanan çöpler ve nakliye sırasında meydana gelen sızıntılar yoluyla meydana gelmektedir. Bu nedenle deniz ticaretindeki ve trafikteki potansiyel artışla birleştiğinde, daha fazla konteyner sızıntısına ve dolayısıyla denizdeki plastik kirliliğinde artışa yol açabilir. Konteyner kayıplarındaki bu artış, balıkçılık ve rekreasyon gibi kritik deniz ekosistemi hizmetlerini olumsuz yönde etkileyebilir (Saliba ve ark., 2022).

Her yıl 4,8 ila 12,7 milyon ton plastik atığın okyanuslara karıştığı tahmin edilmektedir (Thibault ve ark., 2023). Karasal kaynaklar (nehirler, kara) küresel okyanus plastik kirliliğinin %80'ine katkıda bulunurken geri kalan %20'si deniz faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Yüzen plastikler deniz akıntıları ve rüzgârla önemli mesafeler boyunca taşınmaktadır. Bu atıkların yutulması yoluyla birçok deniz türü üzerinde doğrudan zararlı etkileri olmaktadır. Dolaylı olumsuz etkiler ayrıca endokrin bozuculara bağlı toksisite yoluyla da ortaya

çıkabilmektedir. Deniz tabanları da dahil olmak üzere kutuplarda ve uzak adaların sahillerinde bile plastik bulunmaktadır (Senko ve ark., 2020; Verla ve ark., 2019; Chiba ve ark., 2018).

Denizlerde Plastik Kirliliği

Günümüzde plastik kirliliği çevreyle ilgili en problemlili konuların arasında sayılmaktadır. Plastik korozyona karşı dayanıklıdır, düşük yoğunluğa ve düşük elektrik ve ısı iletkenliğine sahiptir, bu da onun su ve oksijene karşı bariyer görevi görmesini sağlamaktadır. Bu nedenle plastik, gıda ambalajından teknolojik uygulamalara kadar inanılmaz bir ürün yelpazesinde kullanılmaktadır. Sorun, plastik malzemelerin kullanım sonrası imhası düşünüldüğünde ortaya çıkmaktadır. Plastik gerçekten de "geri döndürülebilirliği zayıf" bir kirleticidir çünkü plastik emisyonlarına bağlı olarak plastiğin bozunmasına neden olan doğal süreçler oldukça yavaş olduğu bilinmektedir. Sonuç olarak plastik kirliliği çöllerden tropikal ormanlara, dağ zirvelerinden derin okyanuslara kadar dünyanın her yerinde mevcuttur. Plastik kirliliği dünyanın en uzak bölgelerine bile ulaşmıştır. Son yıllarda Arktik ve Antarktika okyanuslarındaki plastik kirliliği üzerine yoğunlaşan çeşitli çalışmalar, bunun gerçek, pragmatik ve ciddi bir sorun olduğu sonucuna varmıştır (Citterich ve ark., 2023). Şekil 2'de denizlerdeki plastik kirliliği verilmiştir.



Şekil 2. Denizlerde Plastik Kirliliği

(<https://worldanimalfoundation.org/advocate/marine-plastic-pollution/>)

Son zamanlarda mikroplastiklere (MP'ler), yani boyutu 5 mm'den küçük plastik döküntülere dikkat çekilmiştir (Qi ve diğerleri, 2020). MP'ler birincil veya ikincil olarak sınıflandırılabilir: Birincil MP'ler bilinçli olarak küçük boyutlarda üretilir, ikincil MP'ler ise daha büyük plastik öğelerin bozulmasının sonucudur (Qi ve ark., 2020; Cesa ve ark., 2017).

Plastiğin yaygın kullanımı, etkisiz atık yönetimi sistemleriyle birleştiğinde çevrede önemli miktarda plastik atık birikmesine neden olmuştur. Plastik malzemelerin çevreye yayılması, ekosistemler ve biyota üzerinde artan olumsuz etkiyle birlikte önemli bir kirlilik sorunu olarak görülmektedir.

Mikroplastiklerden salınan plastikleştiriciler, kalıcı organik kirleticiler ve toksik metaller vb. gibi maddeler, kaçınılmaz olarak su ortamlarına göç eden, organizmaların sağlığı ve insan refahı için tehdit oluşturan ve ekolojik hasara neden olan yaygın plastik atık biçimlerini oluşturmaktadır (Tunçelli ve Erkan, 2024).

Denizlerde ve boğazlarda artan plastik kirliliği endişe kaynağı haline gelerek, bazı bölgelerde yerli midye popülasyonu üzerinde baskı oluşturmuştur (Gedik ve ark., 2022).

Kıyılarda yoğun deniz trafiği, yoğun midye yetiştiriciliği, balık yetiştiriciliği ve mevsimlik turizm ile insan faaliyetlerinin yoğun olduğu bilinmektedir.

Kıyılardaki plastik kirliliği genellikle fazla miktarda torbalar, yiyecek ambalajları ve plastik film içermektedir. Açık deniz plastiği ise olta takımları gibi daha yaygın olan kırılğan plastik maddeleri içermektedir. Günümüzde ağlardan halatlara kadar neredeyse tüm olta takımı bileşenleri plastikten yapılmakta ve tahminen balık ağlarının %5,7'si ve uzun oltaların %29'u kaybolmaktadır. Denizdeki büyük plastik döküntüler insan faaliyetleri ve endüstri için de risk oluşturabilir. Gemiler aynı zamanda büyük plastik kalıntılara da dolanabilir. Kore Cumhuriyeti'nde gemiler 2010-2015 yılları arasında 2.386 kez plastik atıklara dolaşmıştır. Gemi başına ortalama 2,3 vaka ve yılda 397 vaka ortaya çıkmıştır. Bu vakalarda, olay başına ortalama üçten fazla dalgıç gerekmiştir (Helm, 2022).

Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım

Plastik kirliliği küresel olarak deniz ve kara ekosistemleri için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Dünya çapında, her yıl 4 ila 12 milyon ton arasında plastiğin, özellikle kıyı girdilerinden olmak üzere, dünya okyanuslarına girdiği tahmin edilmektedir. Deniz plastiği, bölgesel ve yerel yönetimlerin, toplulukların ve paydaşların deniz ve kıyı toplulukları üzerindeki etkilerini en aza indirecek önlemler almasıyla giderek büyüyen küresel bir sorun haline gelmiştir. Son yıllarda bu endişeler, plastik atıkların deniz ortamına girdiği

mekanizmaları daha iyi anlamak, değerlendirmek ve yönetmek için araştırma ve eylemlerin birleştirilmesi ihtiyacını vurgulayan çalışmaların artmasına yol açmıştır (Compa ve ark., 2019; Boucher ve Friod, 2017).

Açık denizlerden toplanan büyük plastik parçalarının yalnızca kıyıya değil, aynı zamanda geri dönüşüm, yeniden kullanım veya daha yaygın olarak imha edilmek üzere nihai bir konuma taşınması gerekmektedir. Birleşmiş milletler, kar amacı gütmeyen gruplar ve özel şirketler, hem geri kazanılan açık deniz plastiklerinin hem de teslim edilen balıkçılık malzemelerinin etkili bir şekilde geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılması için altyapıya yatırım yaparak bu sorunları çözebilir. Uygun altyapı ve destekle, balıkçılık malzemelerinin büyük bir kısmının geri dönüştürülmesi mümkün olabilir.

SONUÇ

Plastik kirliliğinin çevresel riskleri iyi bir şekilde belgelenmiş olsa da, plastik tüketimini azaltma ve çevre dostu, biyolojik olarak parçalanabilen uygun plastik malzeme geliştirme umutları hem bilimsel hem de ekonomik açıdan uzak görünmektedir. Büyük okyanuslarda bulunan plastik parçalarının karada biriktirilmesi için altyapı ve toplum desteğinin olmayışı, açık deniz temizliğinde büyük bir sorun olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Açık denizlerdeki plastikler hem insanlar hem de ekosistemler için büyüyen bir sorun haline gelmiştir. Açık denizlerdeki plastiği azaltmak zor bir iştir ve mevcut uluslararası yasal çerçeveler bu büyümeyi zaman içinde durduramamıştır. Birleşmiş Milletler, motive olmuş işletmeler ve sivil toplum kuruluşlarıyla birlikte bu sorunu çözmeye çalışmalıdır. Büyük plastik atıklar için bir raporlama ve izleme sistemi, topluluk temizleme programları, geri dönüşüm/yeniden kullanım altyapısı gerekmektedir. Son olarak, tüketicinin katılımı için yöntemler geliştirilmelidir. Bu yaklaşımlarla nihayet açık denizlerdeki plastik sorununun çözülebileceği düşünülmektedir.

REFERANSLAR

- Ahmad, I., Aslam, S., & Hussain, U. (2023). Assessment of plastic pollution in coastal areas of Karachi: Case study of West Warf, Kemari Jetty, and Manora. *Marine Pollution Bulletin*, 195, 115501.
- Boucher, J., Friot, D., 2017. Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. IUCN, Gland, Switzerland.
- Cesa, F.S., Turra, A., Baruque-Ramos, J., 2017. Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Sci. Total Environ.* 598, 1116–1129.
- Citterich, F., Giudice, A. L., Azzaro, M. (2023). A plastic world: A review of microplastic pollution in the freshwaters of the Earth's poles. *Science of The Total Environment*, 869, 161847.
- Compa, M., Alomar, C., Wilcox, C., van Sebille, E., Lebreton, L., Hardesty, B. D., & Deudero, S. (2019). Risk assessment of plastic pollution on marine diversity in the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 678, 188-196.
- Chen, H.L., Nath, T.K., Chong, S., Foo, V., Gibbins, C., Lechner, A.M., 2021. The plastic waste problem in Malaysia: management, recycling and disposal of local and global plastic waste. *SN Appl. Sci.* 3 (4), 437.
- Chiba, S., Saito, H., Fletcher, R., Yogi, T., Kayo, M., Miyagi, S., Ogido, M., Fujikura, K., 2018. Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. *Mar. Policy* 96, 204–212.
- Frias, J.P., Nash, R., 2019. Microplastics: finding a consensus on the definition. *Mar. Pollut. Bull.* 138, 145–147.
- Gedik, K., Eryaşar, A. R., Gözler, A. M. (2022). The microplastic pattern of wild-caught Mediterranean mussels from the Marmara Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113331.
- Helm, R. R. (2022). Turning the tide on high-seas plastic pollution. *One Earth*, 5(10), 1089-1092.
- Mathis, J.E., Gillet, M.C., Disselkoen, H., Jambeck, J.R., 2022. Reducing ocean plastic pollution: locally led initiatives catalyzing change in South and Southeast Asia. *Mar. Policy* 143, 105127.
- Napper, I.E., Thompson, R.C., Jun. 2020. Plastic debris in the marine environment: history and future challenges. *Glob. Challenges* 4 (6), 1900081.
- Ng, C.H., Mistoh, M.A., Teo, S.H., Galassi, A., Ibrahim, A., Sipaut, C.S., Foo, J., Seay, J., Taufiq-Yap, Y.H., Janaun, J., 2023. Plastic waste and microplastic issues in Southeast Asia. *Front. Environ. Sci.* 11.

- Qi, R., Jones, D.L., Li, Z., Liu, Q., Yan, C., 2020. Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: a critical review. *Sci. Total Environ.* 703, 134722.
- Saliba, M., Frantzi, S., van Beukering, P. (2022). Shipping spills and plastic pollution: A review of maritime governance in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 181, 113939.
- Senko, J., Nelms, S., Reavis, J., Witherington, B., Godley, B., Wallace, B., 2020. Understanding individual and population-level effects of plastic pollution on marine megafauna. *Endanger. Species Res.* 43, 234–252.
- Thibault, M., Hoarau, L., Lebreton, L., Le Corre, M., Barret, M., Cordier, E., Dalleau, M. (2023). Do loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) gut contents reflect the types, colors and sources of plastic pollution in the Southwest Indian Ocean?. *Marine Pollution Bulletin*, 194, 115343.
- Tunçelli, İ. C., & Erkan, N. (2024). Microplastic pollution in wild and aquacultured Mediterranean mussels from the Sea of Marmara: Abundance, characteristics, and health risk estimations. *Environmental Research*, 242, 117787.
- Verla, A.W., Enyoh, C.E., Verla, E.N., Nwarnorh, K.O., 2019. Microplastic–toxic chemical interaction: a review study on quantified levels, mechanism and implication. *SN Appl. Sci.*
- World Bank, 2021. Marine plastic pollution - turning the tide in south Asia. Marine plastic pollution - turning the tide in south Asia. <https://www.worldbank.org/en/programs/south-asia-regional-integration/brief/youth-voices-marine-plastic-pollution-in-south-asia> (Erişim Tarihi:09.01.2024).
- <https://worldanimalfoundation.org/advocate/marine-plastic-pollution/>. Erişim Tarihi:19.03.2024.
- <https://www.kingstonfirst.co.uk/update-single-use-plastic-ban-what-you-need-to-know/> Erişim Tarihi:19.03.2024.

5. Bölüm

LİTYUMUN (Li) KULLANIM ALANLARI VE SUCUL EKOSİSTEM ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ

Serpil SAVCI¹

¹ Doç. Dr.; Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü.
serpil.savci@yobu.edu.tr ORCID No:0000-0003-2015-2223

ÖZET

Lityumun (Li) küresel talebi ve tüketimi, çoğunlukla teknolojik gelişmeler nedeniyle son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir. Lityum (Li), başta şarj edilebilir piller olmak üzere seramik, cam, cep telefonları, elektrikli araçlar gibi çok sayıda endüstride ve birçok modern teknolojide kullanılmaktadır. Li içeren ürünlerin artmasıyla birlikte çevresel etkilerle ilgili çeşitli endişeler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu elementi içeren elektronik atıklara yönelik uygun olmayan geri dönüşüm stratejileri, bunun su sistemlerine deşarjına neden olabilir ve bu da sucul organizmalar üzerinde zararlı etkiler gösterebilir. Ayrıca bu maddeler su sistemlerine sızabilmekte ve bu da Li konsantrasyonlarını tatlı su ve deniz suyu sistemlerinde doğal olarak bulunan konsantrasyon seviyelerin üzerine çıkartabilmektedir. Lityum toprakta, deniz sularında, yüzey ve yeraltı sularında eser miktarlarda da olsa yaygın şekilde bulunabilmektedir. Yüzey suları ve yeraltı sularındaki lityum konsantrasyonları, lityum açısından zengin tuzlu suların ve mineral yataklarının yakınındaki çevreye göre genellikle daha yüksektir. Bu kitap bölümünde lityumun kullanım alanları, kıyı ve deniz ortamındaki yeri, kaynakları, sucul çevre ve canlılar üzerine olan etkileri anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lityum, nehir, kirlilik, deniz, çevre.

GİRİŞ

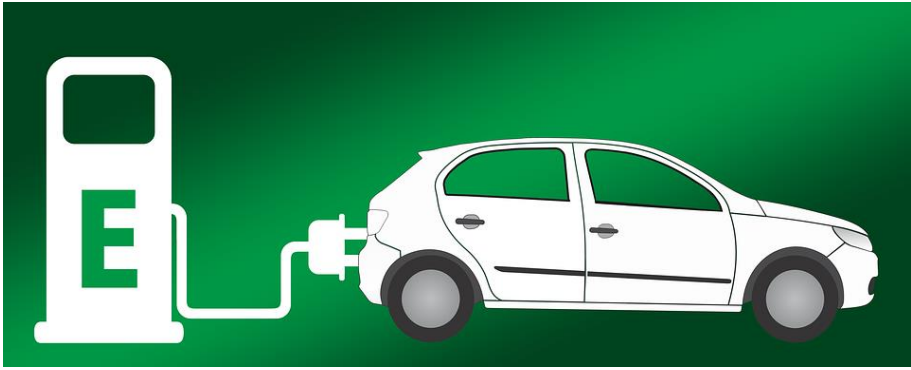
Son yıllarda Lityum endüstrisi Dünya çapında genişlemektedir ve tahminler artan bir büyümeyi beklemektedir. Önümüzdeki yıllarda üretimde daha büyük bir talep olması beklenmektedir. Lityumun su ortamları ve ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin endişeler artmaktadır. Lityumun toplumsal faydaları olmasına rağmen, sanayileşme ile birlikte su kalitesinin bozulması, yaban hayatı ve insanlara yönelik çevresel tehditler algılanmaktadır. Bunun yanı sıra kıyı alanları, haliçler ve kıyı lagünleri en çok tehdit altındaki su ekosistemleri arasında bulunmaktadır. Özellikle nüfus artışı ve sanayileşmenin bir sonucu olarak, yeni geliştirilen malzeme veya ürünlere kadar çok çeşitli maddeler kıyı ortamlarına ulaşabilmekte ve bazı türleri risk altına alabilmektedir. En önemli çevresel tehditlerden biri, çoğunlukla madencilik faaliyetlerinden ve endüstriyel atık sularından kaynaklanan ve insanlar da dahil olmak üzere organizmalar üzerinde toksik etkilere neden olan metal kirliliğidir (Bonanno ve ark., 2020).

Lityum (Li), en son ortaya çıkan kirleticilerden biri olarak kabul edilen bir alkali metaldir ve iki yüzyıl önce bulunmasına rağmen şu anda endüstrinin ve bilim camiasının ilgi odağı haline gelmiştir. Lityum periyodik tablodaki en hafif en az yoğun elementtir. Doğada Li, saf metalik formunda serbest olarak mevcut değildir, çünkü hava ve su ile oldukça reaktiftir. Bunun yerine, tuzlar veya minerallerle birlikte meydana gelerek lityum karbonat, lityum klorür ve diğer kararlı tuzları oluşturur. Bu metal tuzlu sularda, maden yataklarında (cevherlerde) ve tortul kayalarda bulunabilir. Dünyadaki Li kaynaklarının yaklaşık %59'u kıtasal tuzlu sularda, çoğunlukla kuru göllerde ve tuzlu akiferlerde bulunur. Lityum ayrıca doğal olarak yüzeydeki tatlı su, yeraltı suyu, deniz suyu ve toprakta da bulunabilmektedir (Gaspers ve ark., 2021; Schlesinger ve ark., 2021; Swain, 2017; Tanveer, 2019). Bununla birlikte, artan küresel Li tüketimi göz önüne alındığında konsantrasyonların son yıllarda nasıl değiştiğine dair hala literatürde eksikler görülmektedir.

Son yıllarda deniz ve kıyı ortamlarında yapılan çok sayıda çalışma, bu ortamlarda Li konsantrasyonlarını bildirmiştir. Yapılan çalışmalar denizlerin ve okyanusların bileşimini daha iyi anlamak için, bu sistemlerdeki mevcut eser elementlerin miktarını belirleyerek ve Li'nin dağılımını, davranışını ve kalış süresini araştırarak yürütülmüştür. Bu kitap bölümünde Lityumun kullanım alanları ve sucul çevre üzerine olan etkileri anlatılmıştır.

Lityumun Peryodik Cetveldeki Yeri ve Kullanım Alanları

Lityum, yerkabuğunda ağırlıklı olarak kayalarda ve mineral çökeltilerde ağırlıkça %0,002-0,006 konsantrasyonla otuzuncu en bol bulunan elementtir (Sharma ve ark., 2022). Lityum (Li), periyodik tablonun elementleri arasında en hafif ve en az yoğun alkali metaldir ve diğer grup elementleri gibi Li de son derece reaktiftir, kimyasal olarak aktif ve yanıcıdır, dolayısıyla doğada serbest halde bulunmaz. Çoğunlukla mineral veya stabil tuz halinde bulunmaktadır. Lityum mineralleri silikatlar, mikalar ve fosfatlar olabilir ve çoğunlukla pegmatit olarak adlandırılan kristal granitlerde bulunur. Şekil 1'de Lityumun kullanım alanlarına örnek verilmiştir.



Şekil 1. Lityum Kullanılan Elektrikli araç

(<https://evreporter.com/electric-vehicles-101/>)

Düşük özgül ağırlığı, ısı direnci ve elektrokimyasal özellikleri nedeniyle, bir emtia olarak lityuma hem ticari hem de endüstriyel ilgi mevcuttur; birincil son kullanım alanı pillerdir (küresel pazarın %71'i), ardından seramik ve cam endüstrisi (%14) gelmektedir (USGS, 2021). Yenilenebilir enerji teknolojilerinin büyümesi lityum üretimini artırmıştır. Küresel lityum talebinin 2020'deki 0,056 milyon tondan (Mt) 2050'de 0,6-1,5 Milyon tona 10 kattan fazla artması beklenmektedir (USGS, 2021; Xu ve ark., 2020).

Fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle Li, farmasötikler, elektrikli araçlar, Li-ion piller, metalurji, polimerler, seramik ve cam dahil olmak üzere çok çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, karbon ayak izinin olası azalması ve fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan küresel ısınma tehdidi nedeniyle Li'nin görünürlüğü artmıştır. Lityum, sürdürülebilir enerji üretiminde sürekli olarak kullanılmaktadır. Hibrit araçlar için pil üretiminde, rüzgar ve güneş enerjisi üretiminde de kullanılabilir. Bundan

birkaç yıl sonra, kamuoyunun kabulüne göre, hibrit ve elektrikli araç üretimindeki artış, büyük bir Li üretimi gerektirecektir.

2009 yılında lityum rezervlerinin tuzlu su yataklarında % 87 ve maden yataklarında %13 olduğu belirtilmiştir (Goonan, 2012), tuzlu su yataklarından Şili, pegmatit yataklarından ise Avustralya önde gelen Li üreticisi olarak kabul edilmektedir.

Lityum pazarındaki bu çarpıcı büyüme, insanların lityuma maruz kalmasıyla ilgili endişeleri artırmaktadır. Örneğin, Choi ve ark. (2019) tarafından yakın zamanda yapılan bir çalışmada Seul'de belediye, hastane ve endüstriyel kaynaklardan alınan atık suların deşarj edildiği bir içme suyu kaynağında lityumun 6 kat arttığını belirtmişlerdir (Choi ve ark., 2019).

Kıyı ve Deniz Ortamında Lityum

Kıyıya yakın bölgelerde yoğun kentleşme ve sanayileşme nedeniyle, kıyı suları, su sistemlerine ulaşan, fizyolojik, biyokimyasal ve üreme süreçleri gibi hayati fonksiyonları etkileyebilecek, hücre mutasyonlarına neden olabilecek ve tehlikeye yol açabilecek deniz ve kıyı yaşamı için tehdit oluşturan, giderek artan sayıda tehlikeli organik ve inorganik maddelere maruz kalmaktadır (Landrigan ve ark., 2020).

İnsan faaliyetleri nedeniyle nehirlere, kıyı bölgelerine ve nihayetinde okyanuslara çok sayıda eser metal deşarj edilmekte ve bunların çift kabuklular, kafadanbacaklılar, kabuklular ve balıklar gibi birçok deniz canlısı üzerine olan davranışları son yıllarda kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır. Bununla birlikte, benzersiz fizikokimyasal özellikleri nedeniyle bu elementin ileri teknoloji endüstrilerinde katlanarak artan kullanımının çekiciliğinin yanında, deniz organizmalarındaki lityum (Li) konsantrasyonları çok az ilgi görmüştür. Okyanuslardaki Li ağırlıklı olarak iki doğal kaynaktan ulaşmaktadır. Bunlar, okyanustaki yüksek sıcaklıktaki hidrotermal akışlar ve nehir girişleridir. Okyanusta uzun süre kalma süresi ve deniz parçacıkları üzerine adsorbe olma kapasitesinin zayıf olması nedeniyle Li, su sütunu boyunca homojen bir şekilde dağılmıştır (Ansari ve ark., 2004).

Dünya çapında antropojenik Li üretimi, çeşitli endüstrilerde kullanımının artmasıyla birlikte son on yılda güçlü bir şekilde artmıştır. Li, 2017-2025 yılları arasında metaller arasında tahmin edilen en yüksek yıllık büyüme oranına (+%18) sahip olup, kobaltı çok geride bırakmıştır (Leguérinel ve ark., 2018). Aslına bakılırsa, Li-iyon pillerin 2025 yılında toplam Li pazarının %80'inden fazlasını oluşturması beklenmektedir. Ancak pillerdeki Li, Al, Co, Cu, Mn ve Ni ile karşılaştırıldığında en kötü geri dönüşüm ve geri kazanım oranına sahip olduğu görülmüştür (Harper ve ark., 2019).

Son yıllarda yapılan çok sayıda çalışma kıyı ve deniz ortamlarında Lityum varlığını bildirmiştir (Kappana ve ark., 1960). Laboratuvar koşullarında yapılan çalışmalar Li'nin birçok deniz ve kıyı türü üzerinde önemli etkileri olduğu ortaya koymuştur. ABD'deki atık imha uygulamalarından kaynaklanan Li, bazı tatlı su organizmaları için toksik seviyelerdedir (50–170 µg/L). ABD'deki ve dünya çapındaki çoğu nehirdeki Li konsantrasyonlarının çok üzerinde olduğu (~1,5 µg/L) ve yeraltı suyunu kirlettiği yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Kszos ve Stewart 2003). Li aynı zamanda suda yaşayan organizmalar için de toksiktir ve onların bazı metabolik fonksiyonlarını etkilemektedir. Örneğin Li bakımından zenginleştirilmiş deniz suyu kestanelerde, zebra balıklarında ve amfibilerde embriyonik gelişimi bozabilmektedir (Thibon ve ark., 2021).

Yoğun araştırmaların bir sonucu olarak Şili sularında, diğer Latin Amerika ülkelerinde gözlemlenen değerlerden daha yüksek Li seviyeleri analiz edilmiştir. Şili'de yüzey suları için 6 mg/L veya daha yüksek lityum konsantrasyonları rapor edilmiştir (Aral ve Vecchio Sadus, 2011), kirlenmemiş bölgelerdeki yüzey suları 1ile10 mg/L Li ve deniz suyu 170 ila 190 mg/L Li içerebilir (Aral ve Vecchio-Sadus, 2011). Nehirlerdeki Li konsantrasyonları Amazon nehri için 0,67 mg/L'den Kongo nehri için 0,87 mg/L'ye kadar değişmektedir ve Ganj (4,0 mg/L) ve Mississippi (5,6 mg/L) nehirleri için daha da yüksek seviyelere sahip olduğu belirtilmiştir. İsrail'deki Ölü Deniz (14,0 mg/L), Rusya'daki Baykal Gölü (2,0 mg/L) ve Afrika'daki Tanganyika Gölü (0,014 mg/L) gibi dünyanın büyük gölleri de yüksek Li düzeyine sahiptir (Viana ve ark., 2020).

Li'nin deniz organizmaları üzerinde oluşturduğu etkiler hakkında mevcut bilgiler az olmasına rağmen, bu metalin yüksek konsantrasyonlarda deniz organizmaları üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar deniz kestaneleri (*Paracentrotus lividus*; *Hemicentrotus pulcherrimus*), midyeler (*M. galloprovincialis*) ve zebra balığı (*Danio rerio*) üzerindeki fizyolojik ve biyokimyasal etkileri ortaya çıkarmıştır (Ruocco ve ark., 2016; Santos ve ark., 2023).

Son günlerdeki çalışmalar, ısınma ve kirleticilerin birleşik etkisinin deniz türleri üzerinde ilave bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Isı stresine tepki olarak büyük miktarda enerji harcandığından, savunma mekanizmalarını tetikleme kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle organizmalar bu koşullar altında kirleticilerle karşı daha duyarlı olma eğilimindedir (De-Marchi ve ark., 2022).

Çift kabuklular, kirleticileri yumuşak dokularında biriktirme kapasiteleri nedeniyle iyi bilinen biyoindikatör türlerdir. Aslında birçok araştırmacı, çift kabukluların metal biriktirme kapasitesinin farklı biyolojik düzeylerdeki etkileri

gösterdiğini bildirmiştir. Li'nin çift kabuklular üzerindeki etkileri üzerine sadece iki çalışma yayınlanmış olmasına rağmen, elde edilen sonuçlar, organizmaların birikim kapasitesinin bir sonucu olarak etkilerin hücresel düzeyde fark edilebileceğini göstermiştir.

Organizmalar bu dış stres faktörlerine tepki vermek zorunda kaldıklarından aşırı miktarda metal veya Li gibi diğer ksenobiyotiklerin girişi su sistemlerinde bir sorun oluşturabilmektedir. Li kirliliğinin deniz organizmaları üzerindeki etkilerini detaylandıran çalışmalar hala azdır, ancak bu metalin yüksek konsantrasyonlarda olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Rodriguez ve ark., 2021).

Rezervuarlar, göller ve nehirler gibi yüzey suları canlı organizmalar için temel su kaynaklarıdır. Sudaki organizmaları ve insan sağlığını (içme suyu yoluyla) etkileyen antropojenik atık su, nehir sularına karışabilmekte ve taşınabilmektedir. Bir nehir, yakındaki yerleşim yerlerindeki nüfus için sosyo-ekonomik faaliyetlerin üretilmesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilir. Nehir kıyısındaki bir yerleşim bölgesinde yaşayan nüfus, nehir suyunu kullanım ve içme amacıyla kullanabilmektedir. Deniz ortamında, potansiyel olarak toksik elementler de dahil olmak üzere birçok kirletici, endüstriyel ve kentleşme faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (İlhan ve ark., 2024; Selvi ve ark., 2019).

Balıkçılık, tarım, içme ve kullanma suyu amaçlı kullanılan akarsular önemli su kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Her ne kadar insanlar bu sistemlere ihtiyaç duysa da antropojenik faaliyetler suların kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda ciddi düzeyde küresel ısınma yaşanmakta ve bu durumdan en çok tatlı su kaynakları etkilenmektedir (İlhan ve ark., 2024).

SONUÇ

Lityumun (Li) küresel talebi ve tüketimi, çoğunlukla teknolojik gelişmeler nedeniyle son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Lityumun, elektrikli araçlar ve elektrikli uygulamalar için Li-ion piller, cep telefonları, yenilenebilir enerjinin yanı sıra seramik ve cam endüstrileri gibi birçok endüstriyel kullanıma sahiptir. Bu kitap bölümünde Lityumun sucul çevre üzerine olan etkileri anlatılmıştır. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda bu olumsuz etkileri gidermek için ne gibi önlemler alınması gerektiği üzerine odaklanmalıdır.

REFERANSLAR

- Ansari, T.M., Marr, I.L., Tariq, N., 2004. Heavy metals in marine pollution perspective—a mini review. *J. Appl. Sci.* 4, 1–20.
- Aral, H., Vecchio-Sadus, A., 2011. Lithium: environmental pollution and health effects. In: *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier, pp. 116e125
- Barbosa, H., Soares, A. M., Pereira, E., & Freitas, R. 2023. Lithium: A review on concentrations and impacts in marine and coastal systems. *Science of The Total Environment*, 857, 159374.
- Bonanno, G., Veneziano, V., Piccione, V., 2020. The alga *Ulva lactuca* (Ulveae, Chlorophyta) as a bioindicator of trace element contamination along the coast of Sicily, Italy. *Sci. Total Environ.* 699.
- Choi, H.B., Ryu, J.S., Shin, W.J., Vigier, N., 2019. The impact of anthropogenic inputs on lithium content in river and tap water. *Nat. Commun.* 10, 5371.
- De Marchi, L., Vieira, L.R., Intorre, L., Meucci, V., Battaglia, F., Pretti, C., Soares, A.M.V.M., Freitas, R., 2022. Will extreme weather events influence the toxic impacts of caffeine in coastal systems? Comparison between two widely used bioindicator species. *Chemosphere* 297, 134069.
- Gaspers, N., Magna, T., Jurikova, H., Henkel, D., Eisenhauer, A., Azmy, K., Tomašových, A., 2021. Lithium elemental and isotope systematics of modern and cultured brachiopods: implications for seawater evolution. *Chem. Geol.* 586, 120566.
- Goonan, T.G., 2012. Lithium use in batteries. *U.S. Geol. Surv. Circ.* 1371, 14.
- Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., Walton, A., Christensen, P., Heidrich, O., Lambert, S., Abbott, A., Ryder, K., Gaines, L., Anderson, P., 2019. Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature* 575, 75–85.
- İlhan, E. B. B., İnnal, D., Çavuş-Arslan, H., Balkis, N. Ç. (2024). Risk assessment and pollution loads of potentially toxic elements in water of four rivers flowing into the Mediterranean Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 103451.
- Kappana, A.N., Grade, G.T., Bhavnagary, H.M., Joshi, J.M., 1960. Minor constituents of seawater. *Curr. Sci.* 29, 271–272.
- Kszos, L.A., Stewart, A.J., 2003. Review of lithium in the aquatic environment: distribution in the United States, toxicity and case example of groundwater contamination. *Ecotoxicology* 12 (5), 439–447.
- Landrigan, P.J., Stegeman, J.J., Fleming, L.E., Allemand, D., Anderson, D.M., Backer, L. C., Brucker-Davis, F., Chevalier, N., Corra, L., Czerucka, D.,

- Bottein, M.Y.D., Demeneix, B., Depledge, M., Deheyn, D.D., Dorman, C.J., F'enichel, P., Fisher, S., Gaill, F., Galgani, F., Gaze, W.H., Giuliano, L., Grandjean, P., Hahn, M.E., Hamdoun, A., Hess, P., Judson, B., Laborde, A., McGlade, J., Mu, J., Mustapha, A., Neira, M., Noble, R.T., Pedrotti, M.L., Reddy, C., Rocklov, J., Scharler, U.M., Shanmugam, H., Taghian, G., van de Water, J.A.J.M., Vezzulli, L., Weihe, P., Zeka, A., Raps, H., Rampal, P., 2020. Human health and ocean pollution. *Ann. Glob. Health* 86, 1–64.
- Leguérinel, M., Lefebvre, G., Christmann, P., 2018. Compétition entre secteurs industriels pour l'accès aux matières premières. COMES seminar.
- Rodríguez, B. M., Bhuiyan, M. K. A., Freitas, R., Conradi, M. 2021. Mission impossible: reach the carrion in a lithium pollution and marine warming scenario. *Environmental Research*, 199, 111332.
- Ruocco, N., Costantini, M., Santella, L., 2016. New insights into negative effects of lithium on sea urchin *Paracentrotus lividus* embryos. *Sci. Rep.* 6, 1–12.
- Santos, D., Leite, C., Pinto, J., Soares, A. M., Pereira, E., Freitas, R. 2023. How will different scenarios of rising seawater temperature alter the response of marine species to lithium?. *Science of The Total Environment*, 856, 158728.
- Selvi, A., Rajasekar, A., Theerthagiri, J., Ananthaselvam, A., Sathishkumar, K., Madhavan, J., Rahman, P. K. 2019. Integrated remediation processes toward heavy metal removal/recovery from various environments-a review. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 66.
- Schlesinger, W.H., Klein, E.M., Wang, Z., Vengosh, A., 2021. Global biogeochemical cycle of lithium. *Glob. Biogeochem. Cycles* 35, e2021GB006999.
- Sharma, N., Westerhoff, P., Zeng, C. (2022). Lithium occurrence in drinking water sources of the United States. *Chemosphere*, 305, 135458.
- Swain, B., 2017. Recovery and recycling of lithium: a review. *Sep. Purif. Technol.* 172, 388–403.
- Tanveer, M., Hasanuzzaman, M., Wang, L., 2019. Lithium in environment and potential targets to reduce lithium toxicity in plants. *J. Plant Growth Regul.* 4 (38), 1574–1586.
- Thibon, F., Weppe, L., Vigier, N., Churlaud, C., Lacoue-Labarthe, T., Metian, M., Bustamante, P. 2021. Large-scale survey of lithium concentrations in marine organisms. *Science of The Total Environment*, 751, 141453.
- USGS, 2021. U.S. Geological Survey, 2021, Mineral Commodity Summaries 2021. U.S. Geological Survey, p. 200.

Viana, T., Ferreira, N., Henriques, B., Leite, C., De Marchi, L., Amaral, J., Pereira, E. 2020. How safe are the new green energy resources for marine wildlife? The case of lithium. *Environmental Pollution*, 267, 115458.

Xu, C., Dai, Q., Gaines, L., Hu, M., Tukker, A., Steubing, B., 2020. Future material demand for automotive lithium-based batteries. *Commun. Mater.* 1, 99.

<https://evreporter.com/electric-vehicles-101/>. Erişim Tarihi:13.03.2024.