

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KONYAALTI PLAJI DENİZ SUYU VE PLAJ KUMUNDA KANTİTATİF
MİKROBİYAL RİSK DEĞERLENDİRMESİ (QMRA)**

Nazif Ulukan ŞİMŞEK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KONYAALTI PLAJI DENİZ SUYU VE PLAJ KUMUNDA KANTİTATİF
MİKROBİYAL RİSK DEĞERLENDİRMESİ (QMRA)**

Nazif Ulukan ŞİMŞEK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez / / 201..... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ: Doç. Dr. Gönül Tuğrul İÇEMER

Doç. Dr. Firdes YENİLMEZ

Dr. Öğr. Üyesi Meltem KAÇIKOÇ

ÖZET

KONYAALTI PLAJI DENİZ SUYU VE PLAJ KUMUNDA KANTİTATİF MİKROBİYAL RİSK DEĞERLENDİRMESİ (QMRA)

Nazif Ulukan ŞİMŞEK

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gönül T. İÇEMER

Haziran 2024, 55 sayfa

Antalya, turizm sektörünün en kıymetli lokasyonlarının bir tanesidir. Çalışmamız Antalya Konyaaltı Sahili üzerinde rekreasyonel noktaların, mevsimsel ve kullanıcı kaynaklı gastrointestinal hastalık riski tehlikelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Hastalık riskleri hesaplanırken QMRA (Quantitative Microbial Risk Assessment) modeli kullanılmıştır.

Çalışma alanını temsil edecek dört ana istasyon belirlenmiş ve bu noktalardan alınan numuneler üzerinden hastalık riski tehlikesini belirlemek için Üstel doz-tepki modeli hesaplamaları yapılmıştır. Hastalık riski belirlenmesinde kirlilik indikatörü bakteriler *Escherichia coli*, *Enterococcus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Staphylococcus aureus* olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar referans hastalık riski eşik değerleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda yüksek bir hastalık riski tehlikesi bulunmamaktadır. Ancak hastalık riskinin düşük çıkması kirlilik olmadığı anlamına gelmemektedir. Bu nedenle sürdürülebilir bir kıyı yönetimi planlaması oluşturulması gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Antalya Konyaaltı Plajı, Doz-Yanıt, Hastalık Riski, Maruziyet Değerlendirmesi, QMRA Modeli, Rekreasyon, Turizm

JÜRİ: Doç. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER

Doç. Dr. Firdes YENİLMEZ

Dr. Öğr. Üyesi Meltem KAÇIKOÇ

ABSTRACT

KONYAALTI BEACH: QUANTITATIVE MICROBIAL RISK ASSESSMENT OF SEA WATER AND BEACH SAND (QMRA)

Nazif Ulukan ŞİMŞEK

Master's Thesis,

Supervisor: Assoc. Dr. Gönül T. İÇEMER

June 2024, 55 pages

Antalya stands out as one of the most valuable locations in the tourism sector, captivating tourists with its beaches and coves. Our study focuses on determining the risks of gastrointestinal diseases associated with recreational points along Antalya's Konyaaltı Beach. The Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) model was employed in calculating disease risks. Four main stations representing the study area were identified and Exponential Dose-Response model calculations were conducted on samples collected from these points to assess the risk of diseases. Bacterial indicators of pollution, namely *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus*, were determined for disease risk assessment.

The obtained results have been compared with reference disease risk threshold values. As a result of the assessments, there is no significant risk of disease. However, a low disease risk does not imply absence of pollution. Therefore, there is a need to develop a sustainable coastal management plan.

KEYWORDS: Antalya Konyaaltı Beach, Disease Risk, Dose-Response, Exposure Assessment, QMRA Model, Recreation, Tourism

COMMITTEE: Assoc. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER

Assoc. Dr. Firdes YENİLMEZ

Assist. Prof. Meltem KAÇIKOÇ

ÖNSÖZ

Tez çalışması sırasında bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyen, her zaman bana güvenerek destek olan Doç. Dr. Gönül Tuğrul İÇEMER'e teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, bugünlere gelmemi sağlayan aileme sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Turizm ve Nüfus.....	2
1.2. Turizm Potansiyeli ve Kıyı Turizmi.....	2
1.3. Turizmin Çevreye Olumsuz Etkileri	4
1.4. Rekreasyon ve Etkileri	4
1.4.1. Mikrobiyal kirlenme	5
1.4.2. Mikrobiyal kirlenme indikatörleri	6
1.5. Ulusal ve Uluslararası Yasal Düzenlemeler	8
1.5.1. Uluslararası taraf olunan sözleşmeler ve protokoller	9
1.5.2. Kanunlar.....	9
1.5.3. Yönetmelikler	9
1.5.4. Tebliğler.....	10
1.6. QMRA Modeli	11
2. KAYNAK TARAMASI.....	15
3. MATERYAL VE METOT.....	21
3.1. Çalışmanın Yapıldığı Yer ve Önemi.....	21
3.2. Örnekleme Noktası Belirlenmesi ve Numune Alımı	22
3.2.1. İndikatör bakterilerin belirlenmesi.....	25
3.3. QMRA Hesaplamaları.....	26
3.3.1. Maruziyet değerlendirmesi	26
3.3.2. Doz-yanıt değerlendirilmesi	26
3.4. QMRA Modelinin Uygulanması.....	28
4. BULGULAR	29
5. TARTIŞMA.....	42

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
7. KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “KONYAALTI PLAJI DENİZ SUYU VE PLAJ KUMUNDA KANTİTATİF MİKROBİYAL RİSK DEĞERLENDİRMESİ (QMRA)” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

24/06/2024

Nazif Ulukan ŞİMŞEK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

gr	: Gram
km	: Kilometre
m	: Metre
ml	: Mililitre

Kisaltmalar

DBK	: Diz Boyu Kum
DZK	: Dalga Zonu Kum
<i>E.coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
ENT	: <i>İntestinal Enterrococcus</i>
KK	: Kuru Kum
PSEU	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
STAPH	: <i>Staphylococcus aureus</i>
v.d	: ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kıyıların Sahip Oldukları Potansiyeller	4
Şekil 1.2. Açık Alan Rekreasyonu	5
Şekil 1.3. QMRA adımları	13
Şekil 3.1. Konyaaltı Sahili Genel Görünüm	21
Şekil 3.2. Konyaaltı Sahili Rekreasyon Alanı	22
Şekil 3.3. Çalışma alanı, Konyaaltı Sahili, ANTALYA	23
Şekil 3.4. E0 ve E1 Örnekleme Noktaları, Konyaaltı Sahili, ANTALYA	24
Şekil 3.5. Kum numunelerinin toplandığı bölgeler	27
Şekil 4.1. ENT 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları	32
Şekil 4.2. <i>E. coli</i> 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları	32
Şekil 4.3. PSU 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları	33
Şekil 4.4. STAPH 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları	34
Şekil 4.5. E1 istasyonu ENT 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	34
Şekil 4.6. K1 istasyonu ENT 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	35
Şekil 4.7. K2 istasyonu ENT 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	35
Şekil 4.8. E1 istasyonu <i>E. coli</i> 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	36
Şekil 4.9. K1 istasyonu <i>E. coli</i> 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	36

Şekil 4.10. K2 istasyonu <i>E.coli</i> 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	37
Şekil 4.11. E1 istasyonu PSEU 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	37
Şekil 4.12. K1 istasyonu PSEU 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	38
Şekil 4.13. K2 istasyonu PSEU 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	38
Şekil 4.14. E1 istasyonu STAPH 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	39
Şekil 4.15. K1 istasyonu STAPH 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	39
Şekil 4.16. K2 istasyonu STAPH 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. 20-30 °C patojenlerin hayatta kalış süreleri	8
Çizelge 1.2. Enterik Bakterilerin Yaşam Sürelerini Etkileyen Faktörler	8
Çizelge 3.1. Örneklem Bölge Koordinatları	23
Çizelge 3.2. İstasyonlar ve Alınan Numuneler	27
Çizelge 4.1. Mikroorganizmalar özelinde kabul edilen k sabitleri	29
Çizelge 4.2. Su numuneleri doz-yanıt hesaplamaları sonucu çıkan hastalık riski sonuçları	30
Çizelge 4.3. Kum numuneleri doz-yanıt hesaplamaları sonucu çıkan hastalık riski sonuçları	31

1. GİRİŞ

Sanayileşme ve şehirleşmenin hızı, turizm hareketlerini etkisi altına almaktadır. İnsanlar, günlük koşuşturmadan uzaklaşıp yenilenmek, ruhen dinlenmek ve günlük yaşamlarına daha enerjik dönebilmek için boş zamanlarını değerlendirmeyi tercih etmektedirler. Bu sebeple, rekreasyonel etkinliklerin önemi her geçen gün daha da artmaktadır (Emel 2015).

Günümüzde insanların gündelik yaşamından çıkarak, sosyal faaliyetlerine farklılık getirme ihtiyacı ile dünyada turizm sektörünün hızla yükselişe geçtiği görülmektedir. Dünya genelinde çok önemli bir gelir kapısı olarak görülen turizm sektöründe öncü olabilmek için ülkeler bir nevi yarış halindedirler. Ülkeler bu yarışta büyük pay sahibi olmak için, bünyelerindeki doğal güzellikleri ve kültürel miraslarının yanı sıra alternatif turizm faaliyetleri ile turizm sektöründen gelir elde etmeye çalışmaktadır. Ancak, kitlesel olarak seyahat ve konaklamanın getirdiği ciddi bir doğal kaynak tüketimi söz konusu olmaktadır. Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımdan uzak bir anlayışı benimseyen ülkeler, kısa vadede büyük finansal kazanç elde etmelerinin yanı sıra uzun vadede ekolojik olarak önüne geçilemez sıkıntılarla karşı karşıya kalabilmektedir.

Doğal kaynakların ölçsüz bir şekilde kullanılması, tahrip edilmesi geri dönülemez etkilere neden olabilmektedir. Sürdürülebilir bir anlayış benimsenmediği takdirde, rekreasyon faaliyeti yapılan bölgedeki çevresel bütünlüğün zarar görmesi, flora ve faunaya olumsuz etkilerinin olması ve bölgenin kirlilik yükünde ciddi bir artış söz konusu olması kaçınılmazdır.

Türkiye, doğal güzellikleri, kültürel mirası, tarihi ve coğrafi konumunun getirisi olan kıyasal yapısından dolayı, uluslararası turizm sektöründe öncü ülkeler arasında yerini almıştır.

Türkiye'de turizm söz konusu olduğunda, insanların aklına ilk gelen yer Antalya'dır. Bu durumun temelinde, benzersiz doğal ve kültürel cazibe merkezlerine sahip olması, çeşitli konaklama seçenekleri sunması, iyi bir ulaşım altyapısına sahip olması ve turist talebinin yoğun olması yatmaktadır (Kapan vd. 2018).

Her yıl ziyaretçi rekorları kıran bu şehir ülkemiz için ekonomik açıdan önemli bir yer sahibidir. Antalya'da bulunan Konyaaltı Sahili ülkemizin hatta dünyanın en önemli sahil şeritleri arasındadır. Turizm sezonunun başlamasıyla Konyaaltı Plajı kullanıcı yoğunluğu açısından büyük bir artış göstermektedir. Ancak bu yoğun kullanım bölgenin tahribatına ve kirlenmesine neden olmaktadır.

Çalışmamız önemli bir turizm kenti olan Antalya Konyaaltı Plajı'nın kullanıcı yoğunluğunun bölgeye getirdiği mikrobiyal kirlenme ve yansımalarının değerlendirilmesi özelinde önem taşımaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından rekreasyonel alanlarda hastalık riski belirlenmesi için uygulanacak model olarak QMRA önerilmektedir. Çalışmamızda bu modeli kullanarak mevsimsel ve kullanıcı sayısı kaynaklı hastalık risklerinin belirlenmesi ve oluşacak riskler için alınacak önlemler incelenecektir.

1.1. Turizm ve Nüfus

Turizm kavramı, bireylerin bazı ziyaretler yapmaları adına gönüllü biçimde yerlerini terk etmeleri şeklinde tarif edilmektedir. Burada kişiye göre değişim gösteren deneyim türleri ve uzaklık-yakınlık baz alınmaksızın çeşitli deneyimler söz konusu olmaktadır (Hall 2008). Burada gönüllülük ve farklı deneyimlerin tecrübe edilmesi olguları ön plana çıkmaktadır.

İnsanların belirli hedeflerle geçici konaklamalar ve seyahatler gerçekleştirmeleri turizm olarak ifade etmektedir. Turistler gittikleri yani yolculuk yaptıkları ülkelerde konaklama, yeme ve içme gereksinimlerini karşıladıkları gibi sağlık hizmetleri adına da çeşitli hizmetler aldıkları görülmektedir (Ak vd. 2000). Yani seyahatler aracılığı ile sağlık turizminden faydalanmak ve tedavi imkanlarından yararlanmak da mümkün olmaktadır.

Sosyo-ekonomik manada bölgeler arasında birçok gelişmişlik farkları mevcuttur. Turizm ile bu farkların giderilmesi amaçlanmaktadır. Bazı bölge ve ülkelere bakıldığında, sanayi ve tarım faaliyetleri açısından gelişme imkanlarından uzak oldukları görülmektedir. Ancak bu bölge ve ülkelerin zengin turizm kaynaklarına sahip olmaları ve bu kaynakların sağlıklı politikalarla işlerlik kazandığı durumlarda belirli bir gelişme sağlanması mümkündür. Bahsedilen ülkeler ise turizmden paylarına düşeni alabilme şansını yakalamaktadır (Ozan vd. 2006).

Turizm ile nüfus arasındaki ilişki analiz edilmek istendiğinde, daha çok turizm faaliyetleri ile artan nüfus artışının getirdikleri gündeme gelmektedir. Burada turizm faaliyetlerinin yaygın olarak gerçekleştirildiği ülke ve bölgelerde yılın belirli zamanlarında yaşanan nüfus artışı ön plana çıkmaktadır. Burada turizm talebinin artışı ile ortaya çıkan sorunlar ve nüfus artışı paralel olarak düşünülebilmektedir. Nüfus artışının ortaya çıkaracağı sorunlar birçok uzman tarafından mercek altına alınmıştır. En fazla tartışma yaratan nüfus teorisi ise Robert Thomas Malthus'un teorisi olmaktadır. Burada besin artışı ile nüfus artışı açısından incelemeye gidilmektedir. Besin artışının nüfus artışını tetikleyeceği ve onun da yine besine olan gereksinimi ortaya çıkaracağı düşüncesi yer almaktadır. Ancak bu döngü sonsuza kadar devam etmeyecektir. Bunun nedeni ise kaynaklarının sınırsız olmamasıdır. Nüfus artışı ne kadar yükselirse yükselsin besin üretebilecek yüzölçümü belirli olduğundan burada bir sınır gündeme gelmektedir. Bu da Malthus'un sınırı olmaktadır (Malthus 2017).

Buradan hareketle nüfus artışı ile turizm faaliyetlerinin birbirlerini tetiklediği söylenebilmektedir. Turist alan bölge veya ülkelerde nüfus artışı kaçınılmaz olmaktadır. Bazı bölgelerde sadece belirli mevsimlerde oluşan nüfus artışı, Antalya'nın ikliminden dolayı yılın her ayı artış göstermektedir.

1.2. Turizm Potansiyeli ve Kıyı Turizmi

Turizm, ekonomik ve sosyo gelişme ile bölgelerarası gelişme farklılıklarını en aza indirme amacını taşımaktadır. Tarım ve sanayi faaliyetleri açısından yeterli kaynak ve gelişme olanaklarına sahip olmayan ancak; zengin turizm potansiyeline sahip ülkelerin/bölgelerin planlı ve etkin bir turizm politikası uygulaması sonucunda turizmde dengeli bir gelişme sağlanacaktır. Bunun sonucunda ise söz konusu ülke ekonomileri uluslararası turizm gelirinden belirli oranda pay elde etmiş olacaklardır (Bahar vd. 2006).

Turizmin birçok alana faydaları söz konusudur. Ekonomi özelinde inceleme yapılmak istendiğinde ise bu katkı kalkınma noktasında ortaya çıkmaktadır. Burada bahsedilen etkiler üç noktada sınıflandırılmaktadır. Birinci aşamada, turizm sektöründeki gelişmeler, devlet politikasıyla desteklenmemektedir. Turistler geldiğinde bölge halkı evlerini kiralamakta ve turistlerin yiyecek ihtiyaçlarını karşılamaktadır. İkinci aşamada, devlet desteği gündeme gelmektedir. Aynı zamanda özel sektörün de devreye girdiği görülmektedir. Turizm sektörü içerisinde faaliyet gösteren alan sayısında da artış olmaktadır. Üçüncü aşamada, ortaya çıkan hizmet seviyesi önem taşımaktadır. Burada, turizm sektörüne yapılan yatırımlar sonucunda hem gelir hem de istihdam olarak tüm ülke ekonomisine yansıma yaşanmaktadır (Krippenderf 1994).

Konumuz temelinde kıyı turizminden söz etmek gerektiğinde, zaman içerisinde insanların gerek yerleşim ve gerekse seyahat amaçlı olarak kıyı alanlarını tercih ettikleri görülmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında kıyı alanlarının çeşitli imkanlar sunması yatmaktadır. Kıyı alanları bazı medeniyetlere ev sahipliği yaptığı gibi geleneksel manada aktiviteleri de içermesi açısından önem arz etmektedir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2013). Yukarıda ifade edildiği gibi kıyılar birçok şekilde ülkeler adına önem arz etmekte ve gerek kişileri gerekse ülke ekonomilerini yakından alakadar etmektedirler. Bu nedenle kıyı kentleri her geçen gün artan bir öneme sahip bulunmaktadır.

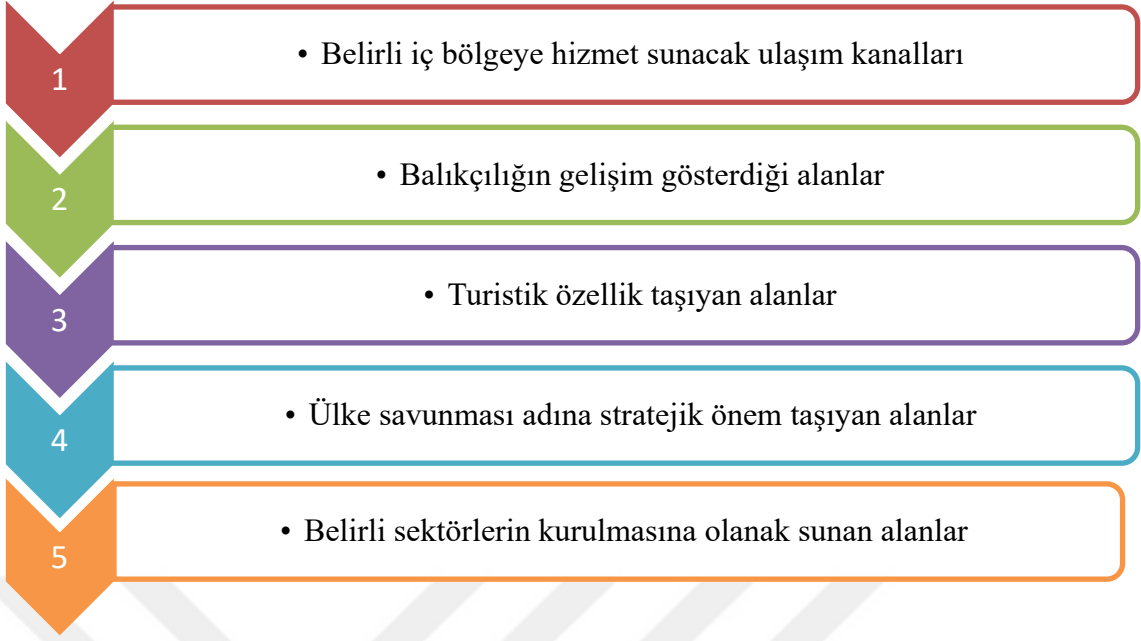
Kıyı kentleri kendi içerisinde bazı ortak özelliklere sahip bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; morfolojik özellikleri, su ile olan ilişkileri ve su ile karanın topografik ilişkisi ön plana çıkmaktadır. Burada iklim özellikleri, flora, doğal kaynaklar, fauna benzeri birçok değişken kıyılara olan talebi etkilemektedir (Garipağaoğlu vd. 2014).

Kıyılar kendi bünyelerinde sahip oldukları potansiyeller bazında çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadırlar.

Şekil 1.1.'de görüldüğü üzere, kıyılar barındırdıkları özellikler bakımından birçok potansiyeli bünyesinde barındırmaktadır. Böylelikle kıyı turizminin de potansiyeli artmakta ve ülke ekonomileri kazanç sağlamaktadır.

Kıyı turizmi incelendiğinde, denizden büyük oranda rekreasyonel faaliyetler aracılığı ile yararlanan, ağırlama ve konaklama gibi hizmetleri kıyıya bağlı tutan turizm türü olmaktadır. Kıyı turizminin gelişiminde öne çıkan faktörler arasında (Ankara Üniversitesi 2021);

- Beşeri manadaki etmenler,
- Bitki örtüsü,
- İklim özellikleri,
- Kıyı jeomorfolojisi yer almaktadır.



Şekil 1.1. Kıyıların Sahip Oldukları Potansiyeller (Akyarlı vd. 2003)

1.3. Turizmin Çevreye Olumsuz Etkileri

Çevre ile turizm arasında çeşitli ilişkiler bulunmaktadır. İki kavram arasındaki ilişkiyi barındıran öğeler incelendiğinde; turistler adına fiziksel çevreye ait birçok öğenin çekim kaynağı olması, turizme ilişkin tesisler ve altyapı olanakları değerlendirilebilir (Demirtaş 2011). Bir alanın çevresel manada kullanımı ve turizm faaliyetlerinin gelişim göstermesi bazı çevresel etkiler yaratmaktadır. Bunlardan bazıları; aşırı kalabalık, aşırı yapılaşma, kontrolsüz rekreasyon, av safarileri, hız botlar, kirlenme, yüksek ses ve atıklarla alanın kirletilmesidir (Demirtaş 2011).

1.4. Rekreasyon ve Etkileri

Kişilerin boş vakitlerini gönüllülük esasına göre katılım sağlayarak, özgür iradeleri ile seçim yaparak gerek eğlence gerekse aktivite amaçlı katılım sağladıkları aktiviteler rekreasyon olarak tanımlanmaktadır (Çatalkaya 2020).

Rekreasyon kavramı, kafa dağıtmak, mutlu olma hali, stresten uzaklaşmak, mutlu olmak, boş zamanların değerlendirilmesi, gönüllü olarak kişilerin kendi iradeleri ile yaptıkları aktiviteler olmaktadır (Koçak vd. 2018). İnsanlar yaşamlarında gergin ve stresli ortamlardan uzaklaşabilmek, rahatlayabilmek, sağlıklı kalabilmek ve dinlenebilmek için rekreasyon aktivitelerine ihtiyaç duymaktadırlar (Karaküçük 2008). Özellikle kentlerde yaşayan ve günlük temposu kırsalda yaşayan insanlara göre daha tekdüze olan bireyler için rekreasyon kavramı olmazsa olmaz bir noktaya gelmiştir. Evden işe, işten eve geçen ve buna ek olarak geçim sıkıntısından dolayı ek iş yapmaya mecbur olan bireyler için boş zamanların verimli şekilde değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Boş zamanların verimli şekilde değerlendirilmesi, bireylerin yaşamlarını olumlu yönde etkilemekte ve bireyin iş yaşamına da pozitif yönde katkı sağlamaktadır (Karaküçük 2001).



Şekil 1.2. Açık Alan Rekreasyonu

Rekreasyon faaliyetlerinin yaban hayatı üzerinde bazı etkileri söz konusu olmaktadır. Bunlardan bazıları sıralanmak istendiğinde (Evert 1999), habitatın değişmesi, korunakların yok olması, toprağın ve suyun mikrobiyolojik özelliklerinin değişmesi ve doğadaki canlıların yaşam düzeninin bozulması gibi olumsuz etkileri mevcuttur.

Rekreasyon faaliyetleri; bireysel, çevresel, sosyal ve ekonomik çeşitli yararları bünyesinde barındırmaktadır. Bu nedenle gerek açık alanda yapılan rekreatif faaliyetler gerekse kapalı alan rekreatif faaliyetleri önem arz eden bir konu olmaktadır.

1.4.1. Mikrobiyal kirlenme

Mikrobiyal kirlenme incelendiğinde gerek içme sularında gerekse rekreasyon sularında sıklıkla görülmektedir. Sular patojenler aracılığıyla kirlendiğinde hem rekreasyon amaçlı kullanımı hem de içme suyu temin edilmesinde sınırlamalar meydana gelmektedir. Mikrobiyal kirlenmenin bazı ana nedenleri bulunmaktadır. Bunların başında Endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanan kirlilikler bulunmaktadır. Bu atıkların arıtılmadan alıcı ortama verilmeleri büyük bir sorun teşkil etmektedir. İklimsel koşullarla yeraltı sularına sızıntı sularının karışması gündeme gelmektedir. Yaz aylarında kullanıcı sayılarında artış yaşanmakta ve bulaşıcı hastalıkların önü açılmaktadır.

Yeryüzünde bulunan su kaynakları oldukça kısıtlı olduğundan dolayı, su kaynaklarının mikrobiyal kirlenme ihtimallerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir (Kumbur vd.1997). Suların mikrobiyal kirlenmesine bakıldığında bazı nedenlerin diğerlerine göre daha ağır bastığı görülmektedir. Bunlardan bazıları (WHO 1983). Kanalizasyon suları ile tarım alanlarının sulanması, göllere, denizlere ve akarsulara arıtılmadan deşarj edilmesi,

sulardaki mikroorganizmaların hava, su ve toprağa geçmesiyle kirlenmeleri ve kullanıcıların bilinçsizce yaptığı davranışlarıdır.

1.4.2. Mikrobiyal kirlenme indikatörleri

Plaj kumu, çeşitli kaynaklardan gelen mikroorganizmaların bir araya geldiği ve içinde enterik patojenler de dahil olmak üzere bir dizi potansiyel tehlike barındıran bir ortamdır. Bu patojenler genellikle insan veya hayvan dışkılarından kaynaklanır ve insan sağlığı açısından ciddi riskler taşıyabilir. Dolayısıyla, plaj kumunun hijyenik olmayan koşullarda kullanımı veya teması, bulaşıcı hastalıkların yayılma potansiyelini artırabilir ve halk sağlığını tehlikeye atabilir (Valério 2022).

Dalgalı deniz zamanlarında veya yüksek gelgit sırasında kirlenmiş deniz suyunun oluşturduğu potansiyel kirliliğe ek olarak, plaj kumu insan veya hayvan dışkısıyla çeşitli şekillerde kirlenebilir. Bu kirlenme olayları genellikle kanalizasyon taşmaları veya atık suyun yetersiz veya hiç arıtılmadan boşaltılmasından kaynaklanır. Hayvan dışkıları, evcil veya yabani hayvanlardan kaynaklanabilir ve köpekler, sığırlar, diğer geviş getiren hayvanlar, bazı vahşi hayvanlar ve kuşlar (örneğin martılar) gibi türler arasında en yaygın olanlardır (Valério 2022).

Plaj kumunda en sık görülen ve insan sağlığı açısından son derece zararlı olan mikroorganizmaların bazıları *E. coli*, fekal koliformlar ve enterokoklardır. Ayrıca plaj ve plaj kumunda yapılan birçok çalışmada da *Staphylococcus aureus* (STAPH) ve *Pseudomonas aeruginosa* (PSEU) mikroorganizmaları da değerlendirilmeye alınmıştır (Whitman 2014).

Plaj kumu habitatının ana bileşenleri mikroplar, virüsler, bakteriler, protozoalar ve funguslar gibi mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmalar, plaj kumlarının içinde karmaşık bir topluluk oluşturur. Mikroorganizmaların gelişimini etkileyen faktörler arasında fiziksel etkenler (güneş ve su gibi), biyolojik etkenler (rekabet, avlanma, biyofilm oluşumu, besin kullanımı) yer alır. Plaj kumlarında bulunan mikroorganizmalara maruz kalan insanlarda çeşitli sağlık sorunları görülebilir. Bu nedenle, plaj kumlarında bulunan mikroorganizmalar üzerinde epidemiyoloji çalışmaları yapılmıştır. Havza plaj yönetimi stratejileri, FBI (Fecal Bacteria Indicator) ve enterik bakterilere yönelik olarak geliştirilmiştir (Whitmann 2014).

Plaj bakterileri, su kalitesinin iyileştirilmesi veya sağlığın korunması için kullanılmaktadır. Plajlardaki sağlık standartlarını belirlemek için indikatör fekal bakterilerin standartları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Aslında, kum ve sedimanlar, fekal bakterilerin popülasyonlarının büyümesini ve habitatlarını sürdürmelerini sağlayarak onlara yaşam alanları sağlar. Belirli patojenler için plaj kumları ve sedimanları incelenmiştir. Ancak, antropojenik etkilere maruz kalan farklı iklim bölgelerindeki plajlarda indikatör bakteri ve patojenlerin dağılımıyla ilgili bilgi mevcut değildir. Plaj kumlarının neredeyse her yerinde fekal bakteri türlerine rastlanmakta ve benzer ilişkiler kuru kum, batık kum ve su içerisinde de gözlemlenmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların bir araya getirilmesi, potansiyel halk sağlığını korumak ve gelecekteki politikalar için değerli bir kaynak olabilir (Halliday 2011).

Rekreasyonel plajlarda *E.coli* patotiplerinin ortaya çıkmasıyla ilgili raporlar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar genellikle plaj suyuyla sınırlı kalmıştır ve plaj kumuna odaklanmamıştır. Plaj kumunda çok sayıda *E. coli* çalışması olmasına rağmen, bu bakterilerin insan enfeksiyonlarına yol açma potansiyeli konusunda çok az araştırma yapılmıştır (Bauer vd. 2012).

STAPH, fırsatçı bir patojendir ve bazı suşlar sağlıklı bireylerde hastalığa neden olabilir. Mısır, Şili ve İtalya gibi farklı bölgelerde plaj kumlarından STAPH türlerine dair raporlar bulunmaktadır (Ghinsber vd. 1994). İsrail sahillerinde bazı plajlarda plaj suyuna kıyasla sahil kumunda daha yüksek seviyelerde *S. aureus* bulmuşlardır. Benzer şekilde, Yunanistan'daki deniz kumsallarında STAPH, plaj suyuna göre sahil kumunda daha sık bulunduğunu tespit etmişlerdir. Kum örnekleri, yaz aylarında daha yüksek seviyelerde *S. aureus* içeriyordu ve bu durum, plajlarda yüzücü sayısı ile ilişkilendirilmiş ve plaj kumlarında daha fazla yıkanmaya atfedilmiştir (Papadakis vd. 1997). Özellikle çocuklar için plaj kumlarında STAPH gibi patojenlerin önemine dikkat çekmiş ve fekal olmayan patojenlerden kaynaklanan sağlık risklerinin iyi bir göstergesi olmayabileceğini öne sürmüşlerdir.

Günümüzde, plajların su kalitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir gösterge olan deniz dışkısı göstergesi intestinal *Enterococcus* (ENT), dışkı kontaminasyon olaylarını tespit etmede önemli bir araçtır.

Deniz suyunda dışkı göstergesi olarak kullanılan ENT, plajlardaki dışkı kontaminasyonunu belirlemek için ölçülür. Federal olarak belirlenen sınırı aştığında, plajlarda denize girilmesine izin verilmemektedir (Halliday 2012).

Güney Kaliforniya'da yapılan çalışmalarda deniz ve gelgit çökeltileri ile kıyı sularında yüksek seviyelerde ENT tespit edilmiştir. Ancak, 10 metre derinlikteki deniz çökeltilerinde ve sörf bölgesi kumlarında kıyı bölgesine nazaran daha düşük seviyelerde ölçümler yapılmıştır (Ferguson vd. 2005).

Güney Florida'da bulunan Hobie Plajında Haziran 2010 yılında yapılan çalışmada plajda bulunan dışkı indikatörü bakterilerinden olan ENT.'ların varlığı araştırılmıştır. Gelgit üst kum (0,25 m karaya doğru) gelgit arası ve gelgit altı kumdan numuneler alınıp analiz sonuçları incelenmiştir. On günlük çalışma sonucunda gelgit üst kumlarında bulunan ENT seviyesi gelgit arası ve gelgit altı kum numunelerine kıyasla çok daha yüksek oranda çıkmıştır. Aynı değerler eylül ve şubat aylarında yapılan çalışmalar ile kıyaslanınca da haziran ayında çıkan sonuçlar diğer aylara göre çok daha yüksek değerlere ulaşmıştır (Piggot 2012).

Hastalık etkisi olan bakteri ve diğer mikroorganizmaların çakıl, kum gibi taneli ortamlarda hayatta kalış süreleri Çizelge 1.1.'de verilmiştir. Bakterilerin canlı kalma sürelerini etkileyen yaşam koşulları ise Çizelge 1.2.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. 20-30 °C patojenlerin hayatta kalış süreleri (Westcot 1997)

Patojen	Taneli Ortamda (Kum, Çakıl, Toprak) Kalış Süreleri
Virüsler Enterovirüsler	< 100 gün genellikle < 20 gün
Bakteriler Fekal Koliform <i>Salmonella spp.</i> <i>Vibrio cholorea</i>	< 70 gün genellikle < 20 gün < 70 gün genellikle < 20 gün < 70 gün genellikle < 20 gün
Protozoa Entamoeba histolyca Kistleri	< 20 gün genellikle < 10 gün

Çizelge 1.2. Enterik Bakterilerin Yaşam Sürelerini Etkileyen Faktörler (Westcot 1997)

Ortam Etmeni	Bakterilerin Hayatta Kalma Süreleri Üzerine Etkisi
Mikroflora rekabeti	Steril ortamlarda hayatta kalma süreleri artar.
Nem İçeriği	Nemli ortamlarda ve çok yağışlı dönemlerde uzundur.
Su Tutma Kapasitesi	Kumlu ortamlarda çakıllı ortamlara göre daha uzundur.
Organik Madde	Organik Madde Arttıkça Yaşama Süresi ve Üreme olasılığı artar.
pH	Asitli ortamlarda alkali ortamlara göre daha fazladır.
Güneş Işığı	Kum çakıl yüzeyinde hayatta kalma süresi daha fazladır.
Sıcaklık	Düşük sıcaklıklarda hayatta kalma süreleri daha uzundur.

1.5. Ulusal ve Uluslararası Yasal Düzenlemeler

Su kirliliğini azaltma çabaları kapsamında ülke mevzuatına baktığımızda, 9 uluslararası sözleşme, 3 kanun, 8 yönetmelik ve 5 tebliğ bulunmaktadır.

1.5.1. Uluslararası taraf olunan sözleşmeler ve protokoller

Uluslararası sözleşmeler, farklı ülkelerin bir araya gelip ortak bir amaç etrafında iş birliği yapılmasını sağlamaktadır. Dünyada küresel ısınmadan kaynaklı su kaynaklarında ki azalma, ülkelerin ortak hareket etmesini zorunlu kılmaktadır. Su kirliliğini engellemek amacıyla ülkemizin taraf olduğu bazı sözleşmelerden bazıları şunlardır;

- Akdeniz'in Gemi ve Uçaklardan Vaki Olan Boşaltmalarla Kirlenmesinin Önlenmesine Dair Protokol
- Akdeniz'in Kara Kökenli Kirleticilere Karşı Korunması Hakkında Protokol
- Gemilerin Sebep Olduğu Deniz Kirlenmesini Önleme Sözleşmesi (MARPOL 73/78).
- Olağanüstü Hallerde Akdeniz'in Kirlenmesinde Yapılacak Mücadele ve Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesinde İş Birliği Protokolü (Acil Durum Protokolü-REMPEC).
- Akdeniz'in Deniz Çevresinin ve Kıyı Bölgesinin Korunması Sözleşmesi (Barselona Sözleşmesi)
- Karadeniz Deniz Çevresinin Kara Kökenli Kaynaklardan Kirlenmeye Karşı Korunmasına Dair Protokol
- Karadeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmesi (Bükreş Sözleşmesi)
- Karadeniz Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesine Karşı Acil Durumlarda Yapılacak İşbirliğine Dair Protokol
- Karadeniz Deniz Ortamının Boşaltmalardan Kaynaklanan Kirlenmeye Karşı Korunması Protokolü

1.5.2. Kanunlar

Su kirliliğini azaltmak için caydırıcı kanunların olması gerekmektedir. Ülkemizde uygulanan bazı kanunlar şunlardır;

- Çevre Kanunu (Resmi Gazete 1983).
- Kıyı Kanunu (Resmi Gazete 1990).
- Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun (Resmi Gazete 2005).

1.5.3. Yönetmelikler

- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete 2004).
- İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (Resmi Gazete 2005).

- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete 2005).
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (Resmi Gazete 2012).
- Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği (Resmi Gazete 2006).
- Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2004).
- Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (Resmi Gazete 2006).
- Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun'un Uygulama Yönetmeliği (Resmi Gazete 2006).

1.5.4. Tebliğler

- Risk Değerlendirmesi ve Acil Müdahale Planlarını Hazırlayacak Kurum/Kuruluşların Asgari Özelliklerine Dair Tebliği (Resmi Gazete 2007).
- Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Çerçevesinde Uygulanacak Ücretler ve Esaslar Hakkında Tebliğ (Resmi Gazete 2009).
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (Resmi Gazete 2009).
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğ (Resmi Gazete 2004).

Uluslararası mevzuat:

Avrupa deniz çevresini koruma mevzuatları:

Avrupa'da deniz kumu koruma kanunları, yönetmelikleri ve genelgeleri, Avrupa Birliği'nin çevre politikaları ve üye ülkelerin ulusal mevzuatları çerçevesinde belirlenir. Bunlardan bazıları şunlardır.

- Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (MSFD); Avrupa Birliği'nin deniz çevresini korumak için temel çerçevesini oluşturan MSFD, deniz kumu korumasını da kapsar. MSFD, deniz çevresinin iyi durumda olmasını sağlamak, deniz kirliliğini önlemek ve deniz ekosistemlerini korumak için çeşitli hedefler belirler.
- Deniz Çevresi Stratejik Çerçeve Direktifi (MSFD); Avrupa Birliği'nin deniz çevresini korumak için temel çerçevesini oluşturan MSFD, deniz kumu korumasını da içerir. MSFD, deniz çevresinin iyi durumda olmasını sağlamak, deniz kirliliğini önlemek ve deniz ekosistemlerini korumak için çeşitli hedefler belirler.
- Habitatlar Direktifi (92/43/EEC); Avrupa Birliği'nin doğal yaşamın korunması için temel bir mevzuat olan Habitatlar Direktifi, deniz kumu gibi habitatların korunmasını

da içerir. Bu direktif, özellikle hassas deniz habitatlarının ve deniz biyolojik çeşitliliğinin korunmasını amaçlar.

Avrupa deniz çevresini koruma mevzuatları:

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) deniz kumu koruma kanunları ve düzenlemeleri, federal hükümetin çevre koruma ajansları tarafından belirlenir. ABD'de deniz kumu koruma mevzuatı genellikle çevresel koruma, deniz kirliliği önleme ve deniz ekosistemlerinin sürdürülebilir kullanımını sağlama amacını taşır. Bunlardan bazıları şunlardır;

- **Deniz Kirliliği Önleme Yasası (Clean Water Act - CWA):** CWA, ABD'nin su kaynaklarını korumak ve kirliliği önlemek için temel kanunlardan biridir. Bu yasa, su kalitesini korumak için çeşitli önlemleri içerir ve deniz kumu kirliliği de dahil olmak üzere deniz kirliliğine karşı mücadelede önemli bir rol oynar.
- **Deniz Kumu Madenciliği Düzenlemeleri:** ABD'de deniz kumu madenciliği faaliyetleri federal ve eyalet düzeyinde çeşitli düzenlemelere tabidir. Bu düzenlemeler, deniz kumu çıkarma bölgelerinin belirlenmesi, izin süreçleri, çıkarma miktarlarının sınırlanması gibi konuları içerebilir.
- **Deniz Biyolojik Çeşitliliğin Korunması Kanunu (Marine Mammal Protection Act -MMPA):** MMPA, deniz memelilerinin korunması ve deniz habitatlarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak amacıyla kabul edilmiştir. Bu kanun, deniz kumu madenciliği gibi faaliyetlerin deniz memelilerine olan etkilerini azaltmayı amaçlar.
- **Deniz Kaynakları Yönetimi Yasası (Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act):** Bu yasa, ABD'nin deniz balıkçılığını yönetmek ve deniz kaynaklarını korumak için temel bir mevzuattır. Deniz kumu madenciliği gibi faaliyetler, bu yasa kapsamında deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve korunması hedefleriyle uyumlu olmalıdır.
- **Ulusal Deniz Koruması ve Yönetim Sistemi (National Ocean Policy):** ABD'nin deniz çevresini korumak ve sürdürülebilir kullanımını sağlamak için oluşturulan ulusal bir politika ve yönetim sistemidir. Bu sistem, deniz kumu koruması da dahil olmak üzere çeşitli deniz çevresi koruma önlemlerini içerir.

1.6. QMRA Modeli

Kantitatif mikrobiyal risk değerlendirmesi (QMRA), belirli bir çevresel kaynaktaki ve belirli bir coğrafi bölgedeki patojen mikroorganizmaların enfeksiyon risklerini tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu metodoloji aynı zamanda su arıtma sistemlerinin performansını değerlendirmek için etkili bir araçtır. Elde edilen bilgiler, belirli riskli durumların daha detaylı analizlerini yapmak ve iyileştirme stratejileri oluşturmak amacıyla değerlendirilir (Balderrema vd. 2017).

Su güvenliği yönetimi için ilk olarak 1990'ların başında QMRA kullanımı önerilmiştir (Regli vd 1991). O zamandan beri, QMRA içme suyu, rekreasyonel su (açık hava ve havuzlarda), evsel atık suyunun veya dışkının tarımda yeniden kullanımı ve diğer birçok

su kullanımı için farklı detay seviyelerinde kullanılmıştır (WHO 2016). Dünya genelinde son yıllarda QMRA modellemesi kullanılarak yapılan çalışmalar artmaya başlamıştır. Risk değerlendirmesi, Stockholm Çerçevesinin önemli bir bileşenidir ve DSÖ'nün suyla ilgili tüm kılavuzlarında kullanılmaktadır. Ayrıca QMRA, 2001 yılında Hollanda İçme Suyu Yasasına entegre edilmiştir (Bichai vd.2013).

QMRA'nın temel amacı içme suyu sistemleri üzerinde odaklanarak, tekrarı önlemek ve yaklaşımları daha doğrudan karşılaştırılabilir hale getirmek için geliştirilmiştir. Ancak, temel prensipler rekreasyonel su veya suyun yeniden kullanımı gibi diğer alanlara da uygulanabilir. Bu değerlendirmenin amacı, su teminiyle ilişkili sağlık risklerini tanımlamak ve değerlendirmek, sağlık tehlikelerinin yeterince kontrol edilip edilmediğini belirlemek, su kaynağının işletimi ve yönetimini bilgilendirmek ve sağlıklı içme suyu tedariki için gerekli iyileştirmeleri ve güncellemeleri belirlemektir. Sağlık tehlikeleri, patojenik mikroorganizmalar, kimyasallar veya radyoaktif maddeler gibi sağlık üzerinde olumsuz etkilere sahip maddelerin konsantrasyonları olabilir. (WHO 2016).

Risk değerlendirme süreci adımları incelendiğinde;

Tehlikeler; suyu tüketen insanların sağlığını olumsuz etkileyebilecek patojenik mikroorganizmalardır.

Tehlikeli olaylar; su kaynağına patojenleri sokabilen veya bunları gideremeyen olaylardır. Bu olaylar, su tedarik zincirinin her aşamasında meydana gelebilir, örneğin kaynakta (insan veya hayvan dışkı atıklarının su kaynağına akmasına neden olan yağmur olayları), rekreasyonda (filtrasyon veya dezenfeksiyon hataları gibi), dağıtım aşamasında (yanlış onarım çalışmaları gibi mikrobiyal kontaminasyona yol açanlar) ve evlerde (kirli kapların taşınması gibi).

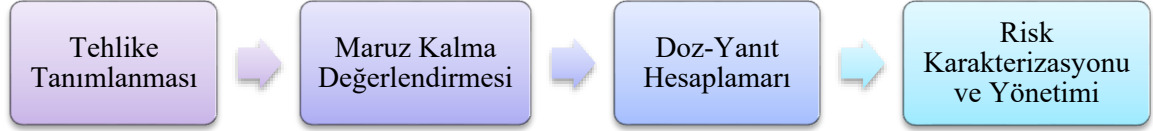
Bu tehlikelerin oluşmasını engellemek; su temin sisteminden uzaklaştırmak veya kabul edilebilir bir seviyeye indirmek için uygulanabilecek veya uygulanabilecek kontrol önlemleridir. Bu önlemler, mühendislik kontrolleri olarak su rekreasyon prosesi gibi uygulanabilir veya su dağıtım şebekesindeki onarım çalışmaları için hijyen protokolleri gibi mühendislik dışı önlemler olabilir.

Tehlike; halk sağlığına zarar verebilecek biyolojik (veya fiziksel, kimyasal, radyolojik) bir patojen.

Tehlikeli olay; su kaynağına tehlike oluşturan veya çıkarmayan bir olay.

Risk ise tehlikeli bir olayın meydana gelme olasılığının ve tehlikenin ciddiyetinin veya sonucunun değerlendirilmesidir (WHO 2016). Risk değerlendirmesi sonucunda; su temin sisteminin güvenliğini değerlendiren bir süreç olan risk değerlendirmesi, su temin sistemindeki tehlikelerin, tehlikeli olayların ve kontrol önlemlerinin geçerliliğini ve önemini anlama temeline dayanır. Bu süreç boyunca, su temin sistemi üzerinde etkili olabilecek tehlikeleri ve tehlikeli olayları belirlemek için çeşitli disiplinlerden oluşan bir ekip çalışır ve mevcut engellerin ve kontrol önlemlerinin yeterliliğini değerlendirir. Risk değerlendirmesi, su temin sisteminin güvenli olduğunu gösterebilir veya mevcut tasarım, işletme veya bakımdaki eksiklikleri ortaya çıkararak sağlık risklerine göre önceliklendirilmesine yardımcı olabilir. Bu, su temin sistemi için bir iyileştirme planı

oluşturulmasına destek sağlar. Risk değerlendirmesi, risk yöneticisine su temini ile ilgili riskler hakkında nesnel ve rasyonel bir resim sunan bir karar destek aracıdır. Risk değerlendirmesi önemlidir; aksi takdirde, risk yöneticisi, önemli riskleri göz ardı edebilir (WHO 2016).



Şekil 1.3. QMRA adımları

Tehlike tanımlaması; QMRA, senaryo odaklı bir model olarak öne çıkar. Bu metodolojinin ilk ve kilit adımı, QMRA'nın geliştirilmesi sürecinde ilgilenilen patojenin belirlenmesidir. Bu problem formülasyonunun tanımının önemli bir parçasını oluşturur ve tüm paydaş girdilerini içerir. Tehlikelerin seçimi, ilgili patojenin yanı sıra rekreasyonel maruz kalmalar gibi çeşitli maruz kalma yollarını içeren bir süreç aracılığıyla yapılır, bu da solunum ve gastrointestinal tehlikeleri gibi farklı unsurları içerir. Belirli bir bulaşıcı ajanın seçilmesi, olumsuz sonuçlarıyla birlikte düşünülmelidir. Ayrıca, bazı tehlikelerin yerine geçenlerin de ele alınması gerekebilir. Spesifik bir tehlike için optimize edilmiş bir doz yanıt modelinin mevcut olmaması durumunda, vekillerin kullanılması gerekebilir (WHO 2016).

Maruz kalma değerlendirme, iki aşamalı bir süreçtir. Mikroorganizmaların kaynaktan insanlarla temas noktasına kadar taşınmasına izin veren yolların değerlendirilmesi ve insanlar ile kirletici maddeler arasında mümkün olan maruz kalma miktarının tahminini içerir. Gerçekçi bir maruz kalma değerlendirme, etkili risk karakterizasyonu ve risk yönetimi için kritik bir öneme sahiptir. En basit düzeyde maruz kalma, bireyin sindirdiği, soluduğu veya temas ettiği patojenin dozudur. Bu sayı, enfeksiyon olasılığını tahmin etmek için doz-yanıt modellerine beslenir. Ancak maruziyet değerlendirme çok karmaşıktır ve örneğin su veya havadaki mikropları ve konsantrasyonları ölçmek için kullanılan yöntemlerin yanı sıra maruz kalmanın zamanlamasının ele alınmasının bir kombinasyonunu içerir. Çoğu durumda maruz kalma, patojenin kaynağından (örneğin patojenlerin enfekte kişiler tarafından yayılması veya kanalizasyondaki konsantrasyonlar) gerçek maruziyete (kumsalda yüzme) kadar bir yol olarak görülebilir. Bu aynı zamanda mikrobun taşınmasını ve hayatta kalmasını anlamayı da içerir (WHO 2016).

Doz-yanıt hesaplamaları, QMRA çerçevesinde, doz tepkisi değerlendirme aşaması, risk tahmininin temel bir niceliksel unsurudur. Patojenin bilinen bir dozu verildiğinde verilecek yanıtın (örneğin enfeksiyon, hastalık veya ölüm) riskini tahmin eder. Doz yanıt modelleri, belirli patojenler, bulaşma yolları ve konakçılar için doz yanıt ilişkisini tanımlayan matematiksel işlevlerdir. QMRA çerçevesinde, doz yanıt değerlendirme aşaması, risk tahminleri için nicel bir ölçüdür; bu aşama, bilinen bir patojen dozuna karşılık gelen yanıt riskini (enfeksiyon, hastalık veya ölüm) tahmin etmektedir. Doz yanıt

aşamasının temeli, belirli patojenler için doz yanıt ilişkisini tanımlamak üzere türetilmiş matematiksel işlevler olan doz yanıt modelleridir. Bu nedenle, belirli bir son nokta (yanıt), belirli bir patojen ve maruz kalma yolu için benzersiz bir doz yanıt ilişkisi ve dolayısıyla bir doz yanıt modeli vardır (WHO 2016).

Kabul edilebilir derecede düşük bir riske karşılık gelen dozu değerlendirmek için doğrudan bir çalışma yapmak, hatta hayvanlar üzerinde bile, mümkün olmadığından doz yanıt modelleri bu aşamada önemli bir rol oynamaktadır. Doz-yanıt hesaplamaların da iki farklı model kullanılmaktadır. Bunlardan ilki çalışmamızda kullandığımız üstel doz-yanıt modeli bir diğeri ise beta-poisson modelidir (WHO 2016).

Risk karakterizasyonu, bir zarar olasılığını (yani riski) tahmin etmek için alınan dozun miktarını (Maruziyet Değerlendirmesi) ve farklı dozlarla ilişkilendirilen riskin bilgisini (Doz Tepki Değerlendirmesi) entegre etmektedir. Bu tahmin bir sayısal hesaplamadır. Değerlendirme yapılırken maksimum değer referans olarak alınabilir. Makul maksimum risk belirlendikten sonra elde edilen maksimum değer ile seçilen makul maksimum risk arasında yapılacak değerlendirme ile risk karakterizasyonu belirlenebilir (WHO 2016).

Risk yönetiminin temel amacı, riskleri ve bu risklerle ilişkili olumsuz sonuçları azaltmak veya ortadan kaldırmaktır. Risk, bir dizi farklı strateji kullanılarak etkili bir şekilde yönetilebilir ve bu yönetim, risk karakterizasyonu yoluyla bilgilendirildiğinde daha etkili hale gelir. Risk yönetimi stratejilerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi süreci, maliyet ve etkinlik açısından dikkatlice ele alınmalıdır. Ancak, sosyal, politik, ekonomik ve halk sağlığı gibi çeşitli faktörler, risk yönetimi kararlarını etkiler. Bu faktörler, risk yönetimi kararlarını çok yönlü ve zorlu kılar. Belirsizlik altında zor kararları değerlendirmek için karar analitiği yaklaşımları kullanılabilir. Niceliksel değerlendirmeye ek olarak, risk algısının anlaşılması ve etkili bir risk iletişim planı da risk yönetimi faaliyetlerinin önemli bir parçasıdır. QMRA'nın gerçek hastalık sonuçlarını hesaplamadığını, ancak su sistemi yoluyla hastalığın ortaya çıkma olasılığını sağladığını unutulmamalıdır (WHO 2016).

2. KAYNAK TARAMASI

Tez çalışması kapsamında mikrobiyolojik olarak kantitatif mikrobiyal risk değerlendirmesi (QMRA) amacıyla ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenmiş ve değerlendirmeleri aşağıda sunulmuştur.

Plajlar, ülke gelirleri açısından önemli bir yere sahip bulunmaktadır. Birçok ülke plaj ve yüzme suyu kirliliği nedeniyle turizm potansiyeli ve halk sağlığı açısından etkilenmektedir. Ancak bu gelirlerin elde edilmesi güvenli kıyı alanlarına sahip olunmasına bağlıdır.

Gerek içme suları gerekse rekreatif amaçlı deniz suları, kirlenme açısından büyük riskler barındırmaktadır. Bu nedenle söz konusu risklerin tespit edilmesi değer teşkil etmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi QMRA, risk değerlendirmesi noktasında WHO tarafından bilimsel bir disiplin olarak kabul edilmiştir (WHO 2016).

Amerika’da yapılan çalışmada yağmurlu ve fırtınalı bir günün ardından Kaliforniya sahilindeki gastrointestinal hastalık riskinin belirlenmesi amacıyla (Soller vd. 2017) QMRA tekniğini kullanarak bir çalışma yapmıştır. Referans patojenler olarak Norovirüs, adenovirüs, Enterovirüs, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella enterican* ve *E.coli* yer almaktadır. Sadece sörf yapan bireylerin değerlendirildiği bu çalışmada yağmurlu ve fırtınalı havalar ile havanın açık seyrettiği günler arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Yağmurun etkisiyle bölgedeki atıksu arıtma tesisinde meydana gelen deşarjlar sonucunda, yağmurlu havalar sonrasında yapılan sörf sporunun, normal zamanlara kıyasla mide-bağırsak hastalığı riskini yükselttiği sonucuna ulaşılmıştır. QMRA tahminleri ile eş zamanlı yapılan epidemiyolojik tahminlerin birbirine uyuşması da QMRA yönteminin gelecekteki uygulamalarda kullanımının uygun olduğu kanıtlanmıştır (Soller vd.2017).

Federigi vd. (2019) QMRA hakkında yazılan 54 makaleyi ele alarak bir derleme yapmıştır. QMRA’nın her adımını detaylı bir şekilde incelemiştir. Farklı olayların tehlikesini anlamak ve oluşacak risklerin hangi parametreler bağlı olduğu konusunda incelemeler yapmıştır. Yapılan çalışmalarda referans sınır değer olarak hangi değer kullanıldığı ve çıkan doz-yanıt sonuçlarının bu değerden yüksek veya düşük olduğu konusunda değerlendirmede bulunmuştur.

2019 yılında Michigan gölü sahilinde yapılan çalışmalarda virüslerin potansiyel sağlık etkisinin, QMRA modeli ile tahmini yapılmış ve çoklu rekreasyon modeli ile patojenlerin izlenmesi ve halk sağlığının korunması için önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Wong vd. 2009).

Verani vd. (2019) yılında farklı su matrislerinden gelen insan adenovirüslerine ilişkin veriler, geleneksel dışkı bakteri göstergeleri ve somatik kolifajlara paralel olarak analiz edilmiştir. Kanalizasyon sisteminden (girişte %100 ve çıkışta %94), nehirlerle (farklı nehirler için %92 ve %72) ve deniz suyuna (%21) kadar azalan %64 oranında pozitif adenovirüs örnekleri tespit edilen çalışmada, Adenovirüs konsantrasyonları, bir nehir ve deniz suyundaki somatik kolifajlarla önemli bir korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir. Toplanan veriler, Kantitatif Mikrobiyal Risk Değerlendirmesi (QMRA) kullanılarak adenovirüs/gösterge oranlarını tahmin etmek için kullanılmıştır. Yapılan çalışma

sonucunda QMRA'nın fekal kirlenme sonuçlarını ortaya çıkarmak için uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Kanada'da içme suyunda yapılan çalışmada *Cryptosporidium*, *Giardia* ve *Escherichia coli* (E. coli) yüklerini tahmin etmek için QMRA modeli kullanılmıştır. Bölgedeki atık su arıtma tesisinin yağmurlu havalarda yaptığı deşarjların etkisinin belirlenmesi için yapılan çalışmada QMRA'nın karşılaştırmalı durumlar ve senaryo değerlendirmeleri için güvenilir bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Tolouei vd. 2019).

Singapur'da kano, balıkçılık ve piknik için kullanılan halka açık bir alanda norovirüs ve insan adenovirüslerinin oluşturduğu risklerin belirlenmesi için bir araştırma yapılmıştır. Bu riskler QMRA yardımıyla hastalık oranlarını tahmin etmeyi amaçlamıştır. Norovirüslerin referans patojenlerden biri olduğu ve Singapur'da içme suyu için yapılan hastalık riski çalışmalarında QMRA ile Norovirüslerin değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Vergara vd. 2016).

QMRA güvenilirliği ile ilgili farklı su türlerinde yapılan çalışmaları incelemiştir. Atık su, yüzey suyu, yeraltı suları ve içme suyu gibi su kaynakların kirlenme riski ve enfeksiyon olasılığının ele alındığı çalışmalarda QMRA'nın güvenilirliği ile ilgili sonuçlar ortaya konulmuştur. QMRA'nın su kaynaklarında oluşabilecek kirlilik nedenlerinin belirlenmesine ve suyun türüne veya kalitesine bağlı olarak yapılacak arıtma işlemlerinin belirlenmesi konusunda bizlere yardımcı olacağı kanaatine varılmıştır (Balderrema vd. 2017).

Avustralya'nın Queensland eyaletinde modellenmiş halk sağlığı risk profillerinin, 12 ve 24 aylık yağmur-akış olayları sırasında kanalizasyon taşma yöntemi stratejileri altında nasıl değişebileceği karşılaştıran bir çalışma yapılmıştır. QMRA ile tahmin edilen rögar taşmalarını ve bu taşmadan kaynaklanacak riskler ele alınmıştır. Anı zamanda kanalizasyon taşma yöntemi ile QMRA yaklaşımının entegre olarak kullanılması gerektiğinin önemi vurgulanmıştır. QMRA'nın kanalizasyon, hidrolojik ve hidrodinamik modellemeler ile birleştirilmesinin halk sağlığı açısından değerli veriler sunacağı sonucuna varılmıştır (Kozak vd. 2020).

Sulardaki patojen kontaminasyonunun izlemenin ve su kaynaklı salgın hastalıkların kontrol altına alınmasının önemine değinilen bu çalışmada QMRA modeline odaklanılmıştır. QMRA'nın farklı varyantlar ile sağlık risklerinin ölçülmesine katkıda bulunduğu ve epidemiyolojik olarak sağlıklı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. QMRA yaklaşımının kullanımını teşvik edilmesi, su güvenliği planlarında uygulanmasına destek olunması, içme suyu dağıtım sistemlerinin hassasiyetlerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda kullanılması gerektiği belirtilmiştir (Ramirez 2015).

Kanada halk sağlığını koruma departmanı Health Canada, içme sularında mikroorganizmalardan kaynaklı sağlık risklerini belirlemek için QMRA kullanım kılavuzu oluşturmuştur. QMRA modelinin su güvenliği yönetim kararlarını belirlemede önemli bir rol alması gerektiğini ve tehlikelerin önceliklendirilmesi, alternatif risk yönetimi belirlenmesi, uygun müdahalelerin seçilmesi ve sağlık temelli performans hedeflerinin belirlenmesinde büyük rol oynayacağı görüşünü belirtmiştir. Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Komisyonu, Hollanda, Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde QMRA metodolojisinin benimsendiği ve bu konuda önemli ilerlemeler kaydedildiğine

değinen Health Canada, Kanada da QMRA modelinin uygulanması ve geliştirilmesi için rehberlik sağlamıştır (Shibata vd. 2012).

Porto Riko Boquerón Plajı'nda QMRA tabanlı bir çalışma yapılmıştır. NoV, AdV, *Cryptosporidium spp*, *Giardia spp* ve *Salmonella spp* referans patojen olarak belirlenmiştir. QMRA ve epidemiyolojinin tek çatı altında birleştirilmesi, özellikle risklerin daha düşük olduğu koşullarda, halk sağlığı risklerinin belirlenmesinde benzersiz bir kolaylık sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Soller 2016).

Federrigi vd. (2019) QMRA modellemesi hakkında geniş bir literatür taraması yapmıştır. QMRA hakkında ilk makalenin 2003 yılında yayınlandığını ve 2018 yılının sonuna kadar yazılan makalelerde sürekli bir yükseliş olduğu gözlemlenmiştir. QMRA çalışmaları amaçlarına göre sınıflanlandırılmış ve QMRA modellemesindeki adımlar detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Yapılan birçok araştırmaya değinen bu çalışmada QMRA'nın doğal rekreasyonel sulara uygulanacak umut verici bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Federigi vd .2019).

Amerika Birleşik Devletleri'nde 2012 yılına kadar rekreasyon alanlarında bulunan kum kaynaklarından oluşabilecek hastalık riskinin değerlendirilmesine yönelik bir kılavuz mevcut değildi. Bu açığı kapatmak için Shibata vd. (2012) bir çalışma yapmıştır. Nadir olmasına rağmen plaj kumlarında doğrudan kanalizasyon sızıntısı ve patojenlerin varlığına değinen çalışmada, QMRA'nın deniz kumlarında kullanılabilecek bir model olduğuna değinilmiştir. QMRA'nın potansiyel insan sağlığı riskini tahmin etmek için kullanıldığı ve deniz kumlarındaki risk tahminlerinde oluşan boşluğu doldurabileceğini belirtmişlerdir (Shibata 2012).

Yüzmeye bağlı etkilenme ve plaj kullanımına bağlı etkilenmenin derecesini, bakteri, virüs, protozoa gibi türlerin suda ve kumda varlıklarını tespit ve hastalık risklerine ilişkin değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Florida sahillerinde yapılan araştırmada sahil kumunda yüksek oranda *E.coli* ve ENT miktarına rastlanmıştır. Deniz kumu ve deniz suyunda bu patojenlerin hayatta kalma sürelerinin karşılaştırılması sonucunda plaj kumunda *E.coli* ve ENT'lerin hayatta kalma süresinin ve çoğalmasının daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde ise deniz kumunun bu patojenler için önemli bir rezervuar görevi göreceğini ortaya çıkarmıştır (Hartz vd.2008).

Malezya'da 7 plaj noktasından alınan plaj suyu ve kum örneklerinde 21 farklı su kalite parametresi incelenmiştir. STAPH, dışkı koliformları ve enterokoklar plaj kumu kalitesinin izlenmesi için ön plana çıkartılmıştır. Diğer fekal koliformlardan daha yüksek değerlere ulaşan Enterekoklar'lar, Malezya sahillerinde mikrobiyal kirlenmenin belirlenmesi için referans patojen olarak belirlenebileceği sonucuna ulaşılmıştır (Ahmad vd. 2013).

Atık su arıtım işlemleri, insanlardaki bakteriyel hastalıkların oluşumunu belirgin bir şekilde azaltır; fakat protozoon kistleri ve birçok patojen virüs, kimyasal ve fiziksel arıtım süreçlerine oldukça dirençlidir. Özellikle denizlere ulaşan evsel atıklar, birçok mikroorganizma ve patojen grubu içerdiğinden son derece tehlikelidir. Evsel atıklarda mikroorganizmalar, mantarlar, algler, protozoonlar, bakteriler, virüsler ve bakteriyofajlar

bulunmaktadır. Evsel atıklarda yaygın olarak bulunan bakteriler genellikle dışkı veya kum kökenli saprofit bakterilerdir. Bunların yanı sıra dışkı ile bağırsaktan dışarı atılan *Salmonella spp.*, *Shigella*, *E. coli*, *Campylobacter jejuni*, *Vibrio cholera* ve *Yersinia spp.* gibi hastalık yapıcı bakteriler de bulunur. Ayrıca Adenovirüs, Reovirüs, Rotavirüs ve Hepatit virüsleri de evsel atıklar aracılığıyla denizlere karışabilir (Black, 1996).

Amerika'da, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve regresyon modeli tekniklerini kullanarak tuzluluğu yüksek bir nehir ağzındaki arazi kullanımı ile fekal kirlenme arasındaki ilişkiyi değerlendiren bir çalışmada, 21 örnekleme noktasında 10 yılı aşkın bir süre boyunca yapılan aylık ölçümlere göre fekal koliform konsantrasyonlarında değişimin, bölgedeki septik tankların ve kentsel arazi kullanımındaki artışın etkisiyle meydana geldiği belirlendi. Sonuçlar, nehir ağzındaki fekal kirlilik değişiminin mevsimsel olarak da farklılık gösterdiğini belirtmiştir (Kelsey vd. 2004).

Patojen mikroorganizmaların suda kısa sürelerle yaşadığı bilinse de bu mikroorganizmaların bu süre içinde, su ile temas edenleri doğrudan deri, ağız ve burun yoluyla etkileyebileceği gibi, dolaylı olarak da deniz ürünleri yoluyla etkileyebileceği belirtilmektedir. Bu durum, kolera, tifo, paratifo, çocuk felci, sarılık gibi birçok hastalığın ortaya çıkmasına neden olabilir. Patojenlerin genellikle deniz ortamında çoğalmadığı ve zamanla sayılarının azaldığı bilinirken, bazı patojenlerin doğal sularda üredikleri de ifade edilmektedir (Kimiran, 1999).

Son yıllarda Fekal streptokoklar İntestinal Enterekok olarak isimlendirilmiştir ve daha dirençli olduklarından, deniz suyunda, fekal koliformlara göre daha uzun süre yaşarlar. Absorbsiyon, flokülasyon ve sedimentasyon sonucu, fekal streptokoklar sedimentte yoğunlaşma eğilimindedir. Bu nedenle, fekal streptokokların sedimentte bulunuşu önceki kirliliğin göstergesi olarak düşünülebilmektedir. Fekal streptokoklara fekal koliformlardan sonra fekal kirlenmenin ikinci indikatörü olarak bakılır ve *E.coli* bulunmayan bir örnekte koliform organizmaların varlığının anlamı fekal streptokokların tayini ile olur. Nadir olarak, streptokok türlerinin identifikasyonu ile insan ve hayvan kaynaklı kirliliğin ayrımı yapılabilmektedir (Borrego ve Figueras 1997).

Amerika'da gerçekleştirilen bir çalışmada, rekreasyonel su kalitesi ile ilişkili olarak, yüzmeye bağlı gastrointestinal hastalıkların tahminine yönelik hızlı indikatör ölçümü yöntemi uygulanmıştır. Rekreasyonel su kalitesi standart yöntemlerle ölçüldüğünde, sonuçların elde edilmesi en az 24 saat almaktadır. Bu durum, aynı gün içinde suyun kalitesi ile ilgili bilgi edinilmesini imkansız hale getirmektedir. Su örneklerinde kantitatif PCR (Polymerase Chain Reaction) metodu ile ENT ve Bacteroides türleri test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, plajı düzenli olarak kullanan kişilerin yüzmeye aktiviteleri sonrasında bildirdikleri gastrointestinal hastalıklarla ilişkilendirilmiştir. ENT türleri ile gastrointestinal rahatsızlıklardaki artışın pozitif bir eğilim gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır (Wade vd. 2006).

Güney Florida'da yapılan bir çalışmada, plaj kumunda bulunan fekal indikatörlerin baskınlığı ve dağılımı ile plaj kumuna maruz kalmanın sağlık üzerindeki etkilerinin ön değerlendirmesini yapmıştır. 100 gram kum numunesi ile 100 ml su numunesi içindeki bakteri konsantrasyonu karşılaştırıldığında, ıslak kumda 2 ila 23 kat, kuru kumda ise 30 ila 460 kat daha yüksek bakteri konsantrasyonu bulunduğu belirtilmiştir. Yapılan lojistik

regresyon analizi sonuçları, gastrointestinal hastalıklara yakalanma riskinin ıslak kum ve su ile temas süresiyle ilişkili olduğunu göstermiştir (Bonilla vd. 2007).

Güney Afrika'nın Batı Cape bölgesinde yer alan gecekondü bölgesinde yapılan çalışmada bu bölgedeki su kaynaklarından elde edilen su kaynaklarında ENT, *Klebsiella pneumoniae*, PSEU bakterilerinin varlığı araştırılmıştır. Bu bakterilerin sağlık risklerini tahmin etmek için 40 yılı aşkın süredir başarıyla kullanılan QMRA yöntemi kullanılmıştır. *E. faecalis* için en kötü senaryodan (en yüksek maruziyet seviyesi) hesaplanan risk 5.98×10^{-6} iken, *P. aeruginosa* için risk 9.55×10^{-4} 'tür. Sonuçlar, sulama sırasında *E. faecalis* ile kontamine edilmiş meyvenin kazara tüketiminin insan sağlığı için bir risk oluşturmayabileceğini, ancak *P. aeruginosa* tarafından oluşturulan riskin kabul edilebilir referans sınırına (1×10^{-4}) uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Denissen 2023).

Yunanistan'ın Atina şehrinde Saronikos körfezinde sekiz istasyonda yapılan çalışmada *E.coli*, ENT ve *Candida albicans*, deniz suyundaki 100 ml için membran filtrasyonu ile sayılmıştır. Bu araştırma ile sahillerin kirlilik düzeyini iyi-orta ve kötü olarak ayırmayı planlayan çalışmada, çıkan sonuçlar Usepa kriterleri ile karşılaştırıldığında ENT için uygun plajların oranı %32 olarak bulunmuştur (Efstraiou 2009).

Çok sayıda çalışma, kirlenmiş rekreasyonel sularda yüzücüler arasında enfeksiyonlarda artış olduğunu bildirmiştir. Ohio'daki East Fork Lake'de yapılan çalışmada yüzücülerde Adenovirüs maruziyeti ile ishal vakası arasında önemli bir pozitif ilişki bulunmuştur. Kaliforniya, Alabama ve Rhode Island'daki rekreasyonel kullanıcılar üzerinde yürütülen çalışmalarda yüzme sırasında su yutan yüzücüler arasında fekal mikroorganizmaların varlığı ile gastrointestinal hastalıklar arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Altı ay boyunca İran'ın güneyinde yer alan Bandar Abbas şehrinin beş halk plajında iki haftada bir 55 su örneği alınmıştır. Yapılan çalışmalarda yüzme etkinliği sonucunda suyun yutulması sonucunda *Cryptosporidium* ve Adenovirüs'e atfedilebilen potansiyel gastrointestinal hastalık riski olduğu görülmüştür (Gholipour 2023).

İran'ın Mahmudabad şehrinde bulunan plajlarda yapılan çalışmada QMRA modeli kullanılarak oluşan sağlık riskleri hesaplanmıştır. Referans patojen olarak seçilen bakterilerden olan *E.coli* için hesaplanan hastalık riski sonuçları çocuklarda yılda 0,424 yetişkinlerde ise 0,229 olarak bulunmuştur. ENT için ise çocuklarda yılda 0,999 yetişkinler ise 0,997 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçların WHO ve EPA tarafından önerilen sınır değerlerden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çocuklarda enfeksiyon risklerinin yetişkinlerden daha fazla olduğu görülmüştür (Rafiee vd. 2024).

Portekiz'de bulunan Peniche bölgesinde kasım, aralık, ocak, şubat, mart ve nisan aylarında deniz suyu numuneleri alınmıştır. Bağırsak ENT'lar ve *E. coli* ve PSEU bakterileri referans olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı PSEU ile dışkı kontaminasyon göstergeleri (bağırsak enterokokları ve *E. coli*) arasında bir ilişki olup olmadığını anlamaktır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda *E. coli* varlığının ve *P. aeruginosa* ile bir korelasyon içinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Januário 2019).

QMRA modeli kullanılarak bir havuzda yapılan hastalık riski çalışmasında *P. Aeruginosa* referans patojen olarak belirlenmiştir. Çıkan sonuçlarda *P. aeruginosa* oluşturduğu hastalık riski 4.3×10^{-7} olarak hesaplanmıştır. Havuzlarda yapılan dezenfektan işleminin öneminin ön plana çıkarıldığı bu çalışmada *P. aeruginosa* patojeninin havuzlarda mutlaka izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Roser vd. 2015).

Deride STAPH maruz kalma dozu ile enfeksiyon riski arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan çalışmada *S. aureus*'un cilt üzerindeki büyümesi incelenmiştir. Altı gün boyunca izleme gerçekleştirilen bu çalışmada QMRA modeli uygulanarak enfeksiyon riski belirlenmiştir. $6,46 \times 10^{-8}$ ile $1,00 \times 10^{-7}$ arasında çıkan sonuçlar değerlendirilmeye alınmıştır. *S. aureus* doz-yanıt modelinin yeni bir uyumunun açıklandığı bu çalışma QMRA modelinin. *S.aureus* kinetiğini tahmin etme konusunda oldukça yetenekli olduğunu ortaya çıkarmıştır (Esfahanian 2019).

Çin'in Pekin şehrinde yapılan bir kapalı yüzme havuzunda 6-17 yaş arasındaki çocukları kapsayan çalışmada QMRA modeli kullanılarak THM varlığına dayalı hastalık riski tahmini yapılmıştır. Hesaplanan risk tahmini sonuçları $5,44 \times 10^{-6}$ bulunmuştur. Çıkan hastalık riski değeri Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) kılavuzlarına göre kabul edilemez bir risk olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlara dayanarak yüzücülerde hastalık risklerinin vücut ağırlığı, maruz kalma süresi ve cilt yüzey alanı gibi faktörlerden etkilendiği ve bu konuda daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiği aynı zamanda otoritelerin havuzlardaki hijyen ve güvenliğe daha fazla dikkat etmesi gerektiğini belirtmiştir (Wang 2020).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışmanın Yapıldığı Yer ve Önemi

Antalya Türkiye'nin turizm alanında önde gelen şehirlerinin başını çekmektedir. Özellikle yaz aylarında turistlerin yoğun ilgisiyle karşılaşmaktadır.

Konyaaltı Plajı, Antalya'nın şehir içerisinde denize girilebilen en önemli plajı konumundadır. Aynı zamanda 7-7,5 km uzunluğu ile deniz ve kıyı kullanımına imkan sunmaktadır. Sahil kıyısında bulunan dağlar ise sahile coğrafik manada doğal bir güzellik sağlamaktadır. Bu noktada, nadir doğal peyzaj karakterindeki kıyı alanlarından biri olarak kabul edilen Konyaaltı Plajı, Beydağları ile birleştiğinde doğaüstü bir görünüm ortaya çıkmaktadır (Dipova 2016). Konyaaltı sahili genel görünümü Şekil 3.1.'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Konyaaltı Sahili Genel Görünüm

Konyaaltı Sahili, Antalya'nın en gözde plajlarından biridir ve şehir merkezine oldukça yakın bir konumda bulunur. Antalya'nın batısında yer alan bu sahil, ziyaretçiler için kolay ulaşılabilir bir noktada konumlanmıştır.

Konyaaltı Plajı, çeşitli kullanım alanlarına sahip olmasının yanı sıra kolay ulaşılabilir bir konumda bulunmaktadır. İnsanların boş zamanlarını değerlendirebilecekleri

rekreasyon alanlarına ev sahipliği yapar. Ziyaretçilerine, unutulmaz ve çeşitli kıyı ve denizle ilgili aktivitelerin gerçekleştirildiği, eğlenceli ve tatmin edici bir ortam sunar.



Şekil 3.2. Konyaaltı Sahili Rekreasyon Alanı

Bu sahil, sadece turizme katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yerel ekonomiye de büyük ölçüde destek olur. Sahil çevresindeki işletmeler, turistlerin ilgisinden faydalanarak yerel ekonomiye canlılık katar. Restoranlar, oteller ve su sporları merkezleri, Konyaaltı Sahili'nin popülerliği sayesinde gelişir ve bölgenin ekonomik büyümesine katkı sağlar.

3.2. Örneklemeye Noktası Belirlenmesi ve Numune Alımı

Çalışma, Covid-19 pandemi dönemini ve sonrasını kapsayacak şekilde 2020-2022 yılları arasında, Konyaaltı Plajı'nda seçilen 4 istasyonda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3.). İstasyonların seçiminde Konyaaltı sahilini temsil edebilecek noktaların seçilmesine önem verilmiştir. Konyaaltı plajında seçilen istasyonların enlem ve boylamları yer alan koordinat bilgileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Örneklem Bölgeleri Koordinatları

Örneklem Numarası	Örneklem Bölgesi	Koordinatlar
E0	Boğaçayı nehri	N 36° 51' 12.71" E 30° 37' 33.28"
E1	Boğaçayı'nın denizle birleştiği bölge	N 36° 51' 11.29" E 30° 37' 37.59"
K1	Sahil Antalya Yaşam Parkı'ndaki 9 numaralı halk plajı ile özel bir işletmeye ait arazi arasındaki bölge	N 36° 51' 34.15" E 30° 38' 6.70"
K2	Konyaaltı Beach Park (Hotel Su) Plajı'nın bulunduğu bölge	N 36° 52' 37.73" E 30° 39' 51.55"

**Şekil 3.3.** Çalışma alanı, Konyaaltı Sahili, ANTALYA (Tan 2023)

Antalya'nın Konyaaltı bölgesinde 2019 yılında tamamlanan ve yapay bir gölet oluşturan Boğaçayı Projesi, önemli bir araştırma noktası olarak belirlenmiştir (E0). Aynı zamanda, Boğaçayı'nın denize karıştığı nokta da (E1) numune alım istasyonları arasında yer almaktadır (Şekil 3.4). K1 istasyonu Konyaaltı Beach Park sahil şeridinin hemen hemen tam ortasında kalan bir bölgedir. Halkın Denize girmek ve yürüyüş yapmak için tercih ettiği önemli lokasyonların başında gelmektedir. K2 istasyonu ise Antalya'nın özellikle yaz aylarında en kalabalık olan bölgelerinin başında gelmektedir. Kafeler,

yürüyüş alanları, konserler ve sosyal etkinliklerin yoğun bir şekilde gerçekleştiği istasyondur.

Bu istasyonlar, çeşitli nitelikleri ve çevresel özellikleri temsil etmeleri bakımından araştırma açısından büyük önem taşımaktadır. Numune alımları ve analizleri, bu bölgelerin çevresel durumunu anlamak ve sahil alanlarının sürdürülebilirliği üzerine önemli veriler sağlamak adına büyük bir değer taşımaktadır.



Şekil 3.4. E0 ve E1 Örnekleme Noktaları, Konyaaltı Sahili, ANTALYA

E0 istasyonu Boğaçayı'nın bulunduğu istasyondur. Bölgedeki en önemli akarsu Boğaçayı'dır. Boğaçayı, kuzeyden gelen Göksu ve batıdan gelen Çandır çayının denize, yani Konyaaltı sahiline 2 km kala birleşmesiyle oluşan, çoğunlukla yağışlarla akışa geçen ve sık sık taşkınlara neden olan bir akarsudur. Boğaçayı'nın toplam yağış alanı 830 km² civarındadır. Boğaçayı ovasında çok düşük olan topoğrafik eğim dağlık kesimlerde oldukça yüksektir. Havzanın en yüksek noktasında kot 3000 m'ye yaklaşmaktadır.

Boğaçayı Havzası'nın genelinde, bitki örtüsü ılıman iklime uygun olarak yoğun ve canlıdır. Yüksek rakımlarda genellikle maki ve daha yükseklerde ise iğne yapraklı ormanlar görülür. Boğaçayı ile yan kolları olan Çandır ve Karaman deresi yatağının her iki yanında ise otsu bitkiler, çalılıklar ve meyve ağaçları bulunur. Ovanın doğu ve batı kısımları (Boğaçayı'nın iki yanındaki dar bir şerit hariç) yerleşim alanı olarak kullanılırken, kuzey bölgesi verimli tarım arazisidir. Boğaçayı ovasının iklim koşulları uygun olduğundan, tarım yıl boyunca sürdürülebilir (TMMOB JEO. MÜH. 2018).

Boğaçay havzası ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait yağış verileri incelendiğinde iç kesimlerden ve yüksek kotlardan Akdeniz sahiline doğru doğru gidildikçe yağışın arttığı görülmektedir. Havzanın yükseklerinde 500-600 mm olan yıllık ortalama yağış, sahile doğru artarak alanının bulunduğu Boğaçay bölgesinde özellikle kış aylarında 1100 mm'ye ulaşmaktadır (TMMOB JEO. MÜH. 2018).

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 11-12 Ağustos 2018 tarihlerinde Boğaçay bölgesi ve Konyaaltı Sahili'nde çeşitli incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede, olası tuzlu su girişimini analiz etmek amacıyla deniz suyunda ve Boğaçay'da bazı kimyasal parametreler (EC, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve pH) ölçülmüştür. Ayrıca deniz suyu yoğunluğunu belirlemek için Konyaaltı sahilinden üç noktadan deniz suyu örneği alınmıştır ve laboratuvarında yoğunluk tespiti yapılmıştır. Arazi çalışmalarının ardından 13 Ağustos'ta eksik görülen literatür çalışmalarına ait dokümanlar temin edilmiştir (TMMOB JEO. MÜH. 2018).

Özellikle bu bölgede yapılan çalışmalarda literatür çalışmalarının yetersiz olması, yaptığımız çalışmanın önemini daha da arttırmaktadır.

3.2.1. İndikatör bakterilerin belirlenmesi

Yüzeysel suların mevcut durumunun sınıflandırılması, tabii şartlardan ve insani faaliyetlerden kaynaklanan uzun vadeli değişimlerin değerlendirilmesi, iyi su durumuna ulaşılıp ulaşılamadığının tespiti ve hidrolojik hesaplamaların yapılabilmesi amaçlarıyla, su miktarı ve kalitesinin izlenmesi esastır.

Bu tezde gösterge bakteriler *Escherichia coli* (*E. coli*), İntestinal Enterekok (*ENT*), *Pseudomonas aeruginosa* (*PSEU*) ve *Staphylococcus aureus* (*STAPH*) olarak kısaltılmıştır.

İlgili Bakanlık tarafından belirlenen referans patojenler arasında yer alan *E. coli* ve *ENT*, (QMRA) modellemesi için referans olarak belirlenmiştir. Bu patojenler, mikrobiyal risklerin nicel olarak değerlendirilmesinde önemli roller üstlenen ve insan sağlığı üzerinde ciddi problemlere neden olabilen önemli mikroorganizmalardır. QMRA modellemesi, söz konusu patojenlerin bulaşma yollarını, maruz kalma durumlarını ve potansiyel hastalık risklerini belirlemekte kullanılarak, belirli bir ortam veya durumdaki sağlık risklerini tahmin etmemize olanak tanımaktadır. Bu sayede, sağlık ve güvenlik açısından riskli durumları belirleme ve önleme konusunda daha etkili bir yol izlenecektir.

PSEU kumda, suda, lağım sularında, dışkıda, insan derisi kıvrımlarında ve sindirim sisteminde bulunur. Optimal üreme sıcaklıkları 22-41 °C'ler arasındadır. İnsan ve hayvanlarda oportunistik patojendir. Sindirim, solunum ve özellikle çizik ve yaralardan bulaşır.

STAPH insanlarda birçok enfeksiyona neden olan bir bakteridir. Optimal üreme sıcaklıkları 30-37 °C'dir. Ortam şartlarına dayanıklı olduklarından doğada çok yaygındırlar. İnsanlarda enfeksiyon yapan patojen stafilokokların kaynağı yine insanlardır (Hacıbektaşoğlu vd. 1993). Doğal olarak en fazla burun ve boğaz boşluğunda, insan ve hayvan dışkılarında, ciltte apseleri yaralarda ve sivilcelerde yoğun olarak bulunurlar (Bilgehan 1990).

Bu bilgiler dahilinde ve çalışma alanımızın değerlendirilmesi sonucunda, *P.aeruginosa* ve *S.aureus* patojenlerinin öncelikli referans patojen olarak değerlendirilmesine karar kılınmıştır.

3.3. QMRA Hesaplamaları

3.3.1. Maruziyet değerlendirmesi

Risk değerlendirmesinin amacı, maruziyet dozunu doz-tepki modeli ile birleştirerek sağlık riski sonuçlarını tahmin etmektir. Bu nedenle, doz birimlerinin seçilen doz-tepki modeliyle uyumlu olması önemlidir. Yaygın olarak kullanılan çoğu doz-tepki modeli, her maruziyet olayı için ortalama doza dayanır (WHO 2018). Maruziyet riskinin tanımlanabilmesi için formül 3.1. kullanılmaktadır.

$$\text{Maruziyet Dozu} = C \times q \quad (3.1.)$$

Bu formülde;

C: Maruziyet ortamında bulunan patojen konsantrasyonu

q: Maruz kalınan madde miktarı

Hem C hem de q'nun birimleri, maruziyet yoluna bağlı olarak değişebilir ve kum veya gıda alımı için (mg, g), su tüketimi (ml, L) veya solunum (m³) için hacim üzerinden temellendirilebilir.

3.3.2. Doz-yanıt değerlendirilmesi

Makul bir model, düşük dozlarda yüksek varyasyona sahip olan mikroorganizmaların ayrık (partiküllü) doğasını dikkate almalıdır. Ayrıca, başlangıç dozundan bir veya daha fazla "hayatta kalan" bireyin enfeksiyon kapma olasılığı fikrine dayanmalıdır. Dolayısıyla, Doz-Tepki Modelleri için fizyolojik olarak makul olmalı ve genel enfeksiyon sürecine ilişkin bilgilerden türetilmelidir. Bu gerekliliklere dayalı olarak, QMRA için iki model türetilmiştir. Bunlar; Exponential ve beta Poisson modelleridir (WHO 2016).

Yapılan hesaplamalarda (3.2.)'de verilen Exponential doz-yanıt modeli formülü kullanılmıştır.

$$P_{inf} = 1 - \exp(-k \times dose) \quad (3.2.)$$

Bu formülde;

P_{inf}: Enfeksiyon olasılığı

k: Patojen maruziyeti ile enfeksiyon olasılığı arasındaki ilişkiyi ifade eden sabit değer

dose: Maruziyet dozu

Çıkan risk sonuçları 1'e ne kadar yakınsa risk o kadar yüksek olmaktadır.

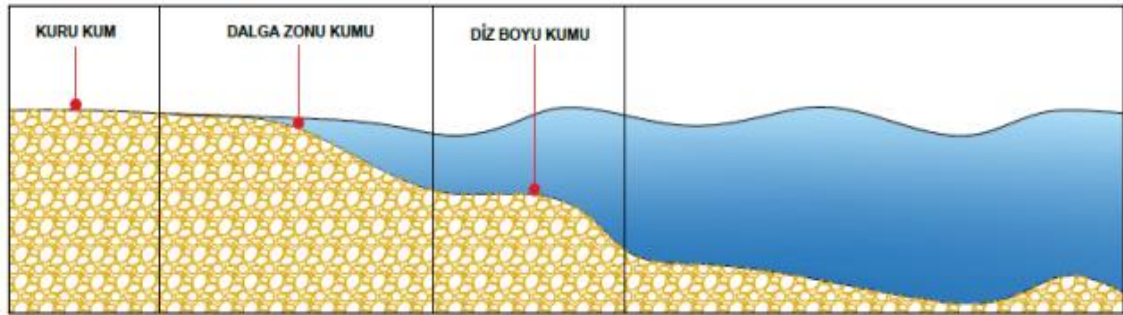
Bu yapılan analiz çalışmalarının veri set “Kentsel Bir Plajın Rekreasyon Alanlarında Ziyaretçi Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi ve LAC Modelinin Uygulanması” adlı yüksek lisans tezi çalışmasından alınmıştır ve QMRA modellemesi bu veri seti üzerinden hesaplanmıştır (TAN 2023). Numune alınan istasyonlar ve Çizelge 3.2.’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. İstasyonlar ve Alınan Numuneler (Tan 2023)

İstasyon Kodu	Alınan Numuneler
E0	Su numunesi
E1	Deniz suyu numunesi
K1	Diz Boyu Kum-Sediment Numunesi (DBK)
K2	Dalga Zonu Kum-Sediment Numunesi(DZK)
	Kuru Kum-Sediment Numunesi (KK)

Deniz suyu numunelerinin alınması: Araştırma bölgesinde mikrobiyolojik analizler için deniz suyu numune alımı gerçekleştirilmiştir. Deniz suyu numunesi için her istasyondan (E0, E1, K1 ve K2 istasyonları) 1000 ml hacimli steril şişelerle örnek alınmıştır. Örnekler kullanıcıların yoğun olarak bulunduğu bel ve diz boyu derinliğe (40-50 cm) sahip bölgelerden alınmıştır. Deniz suyu numunesi alınırken steril şişenin kapağı su içinde açılarak numune alınmış ve yine suyun altında kapağı kapatılarak bulaş riski önlenmiştir. Alınan numuneler analiz edilmek üzere, soğuk zincir ile 2 saat içinde laboratuvara ulaştırılmıştır (Tan 2023).

Plaj kumu numunelerinin alınması: Araştırma bölgesinde mikrobiyolojik analizler için plaj kumundan numune alımı gerçekleştirilmiştir. E0 istasyonundan sadece su numunesi alınmış olup, diğer örnekleme istasyonlarından (E1, K1 ve K2) 1 su ve 3 kum numunesi alınmıştır. Kum numuneleri, her örnekleme noktasında 3 farklı tabakadan toplanmıştır (Şekil 3.5). Bu tabakalardan biri deniz suyu numunesinin alındığı diz boyu seviyesindeki dip kumu (DBK), ikincisi dalga zonu (DZK) ve üçüncüsü ise kullanıcıların rekreasyon amacıyla kullandığı, güneşlendiği kuru kum plaj (KK) bölgesidir (Tan 2023).



Şekil 3.5. Kum numunelerinin toplandığı bölgeler (Tan 2023)

3.4. QMRA Modelinin Uygulanması

Benzer çalışma alanlarındaki derinlemesine analizler ve uluslararası sağlık otoritelerinin, özellikle de Dünya Sağlık Örgütü'nün önerileri üzerine, çalışmamız için en uygun modelleme yönteminin Kantitatif Mikrobiyolojik Risk Değerlendirmesi (QMRA) olduğuna karar verilmiştir.

Konyaaltı sahilinde hangi mikroorganizmaların insan sağlığı üzerinde risk oluşturacağı belirlenmiştir. Daha sonra risk değerlendirilmesinde kullanılacak referans patojenler seçilmiş ve bu patojenlere maruz kalma yolları değerlendirilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün QMRA hakkında yayınlamış olduğu kılavuz referans alınarak, belirlenen patojenlere maruz kalma tahmini yapılmıştır. Hesaplamalar için yapılan çalışmalar incelenmiş ve gerekli sabitler belirlenmiştir. Maruz kalma ve tehlike parametrelerinin birleştirilmesiyle yapılan hesaplamalar sonucunda olası risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Çıkan sonuçlar ile daha önceden yapılan QMRA çalışmalarının sonuçları ve referans sınır değerler ile kıyaslanmıştır.

Ulaşılan sonuçlar doğrultusunda olası riskleri azaltmak için çözüm önerileri değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerin doğruluğu, güvenilirliği ve bu risklerin nasıl yönetilebileceği hakkında değerlendirilmeler yapılmıştır.

4. BULGULAR

QMRA hesaplamaları için “Kentsel Bir Plajın Rekreasyon Alanlarında Ziyaretçi Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi ve LAC Modelinin Uygulanması” başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında verileri referans alınmıştır (Tan, 2023). Risk değerlendirmesinde, maruziyet dozunu doz-tepki modeli ile birleştirerek sağlık riski sonuçlarının tahmin edilmesine dayanmakta olup maruziyet dozu numune alınan ortamlardaki patojen konsantrasyonunun ifadesidir. Bu nedenle, her istasyon özelinde 4 farklı mikroorganizma belirlenmiş ve her mikroorganizma için kabul edilen k sabitleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. “k” değeri, patojen maruziyeti ile enfeksiyon olasılığı arasındaki ilişkiyi ifade eden sabit değerdir. Yüzerken veya rekreasyonel aktivite sırasında yutulan su hacmi kabulleri ile her mikroorganizmanın hastalık riski değeri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 4.2.-4.3. ve Şekil 4.1.-4.16. arasında gösterilmiştir. En yüksek hastalık riski su numunesinde $1,06 \times 10^{-2}$, kum numunesinde ise $1,03 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. En düşük hastalık riskleri su numunesinde $5,48 \times 10^{-10}$, kum numunesinde ise $8,3 \times 10^{-12}$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Mikroorganizmalar özelinde kabul edilen k sabitleri

Mikroorganizma	K sabiti
<i>İ. Enterrecoccus</i>	2.19×10^{-11} (a)
<i>E.coli</i>	$9.7 \times 10^{-9\#}$ (a)
<i>P. aeruginosa</i>	$1.87 \times 10^{-8\#}$ (a)
<i>S. aureus</i>	8.05×10^{-8} (b)

(a) (Denissen vd. 2023), (b) (Esfahanian vd. 2019)

Yetişkin bireylerin yüzme etkinliği sırasında günlük su yutma miktarı 50 ml, çocukların ise 25 ml olarak kabul edilmiştir (Schets vd. 2011). Kum yeme ya da yutma açısından Dünya Sağlık Örgütü’nün önerdiği toprak yeme eğilimi olmayan çocuklar için kullanılan miktar, yutulan kum miktarı olarak dikkate alınmış ve yenilen kum miktarı ise 19 gr olarak kabul edilip doz-yanıt hesaplamaları yapılmıştır (WHO 2018). En yüksek hastalık riski su numunesinde $1,06 \times 10^{-2}$, kum numunesinde ise $1,03 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır.

Su ve kum numuneleri hesaplama sonuçları **Çizelge 4.2.** ve **Çizelge 4.3.**’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Su numuneleri doz-yanıt hesaplamaları sonucu çıkan hastalık riski sonuçları

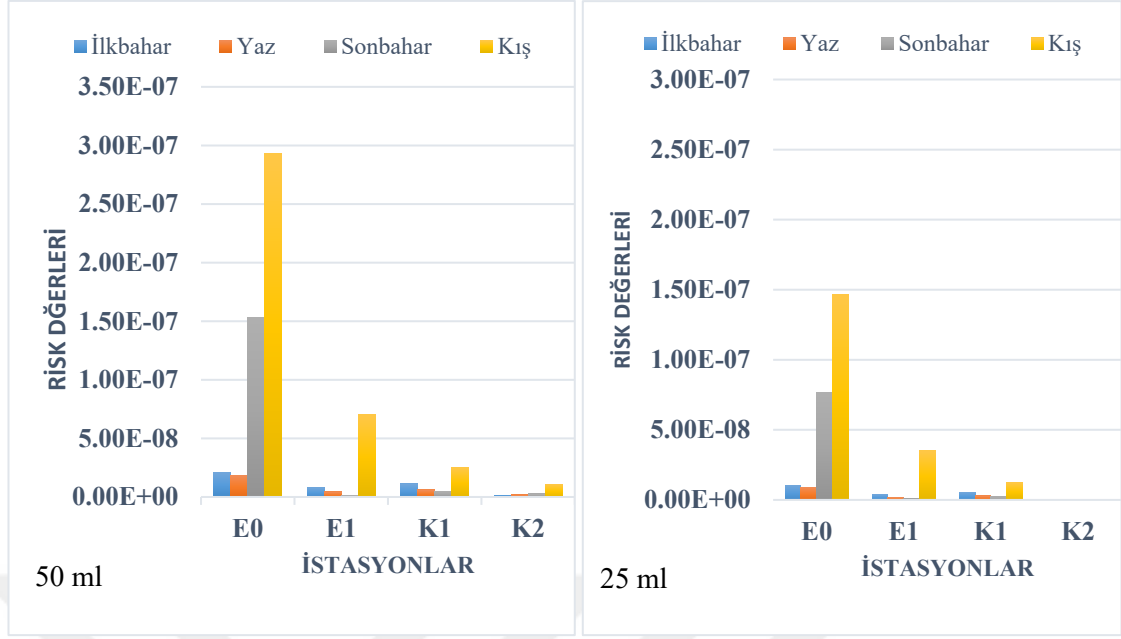
		E0		E1		K1		K2	
		50 ML	25 ML	50 ML	25 ML	50 ML	25 ML	50 ML	25 ML
ENT**	İ*	2,11E-08	1,05E-08	8,21E-09	4,11E-09	1,12E-08	5,61E-09	1,10E-09	0
	Y*	1,84E-08	9,20E-09	4,49E-09	2,01E-09	6,13E-09	3,07E-09	2,08E-09	1,37E-10
	S*	1,53E-07	7,66E-08	1,64E-09	8,21E-10	4,93E-09	2,46E-09	2,74E-09	2,18E-10
	K*	2,93E-07	1,47E-07	7,01E-08	3,50E-08	2,52E-08	1,26E-08	1,09E-08	5,48E-10
E.C**	İ*	7,40E-06	3,70E-06	3,15E-06	1,58E-06	9,70E-07	5,79E-08	7,27E-07	1,58E-06
	Y*	1,16E-03	5,82E-04	5,19E-04	2,60E-04	1,18E-04	3,15E-07	1,49E-04	2,60E-04
	S*	1,02E-02	5,13E-03	1,16E-02	5,80E-03	1,43E-03	8,42E-07	1,03E-03	5,80E-03
	K*	1,18E-04	5,92E-05	1,75E-05	8,73E-06	6,06E-06	2,66E-07	1,33E-05	8,73E-06
PSEU**	İ*	8,48E-05	4,24E-05	1,47E-04	7,35E-05	3,32E-05	1,66E-05	2,34E-05	1,17E-05
	Y*	2,09E-02	1,06E-02	2,09E-02	1,06E-02	1,03E-02	5,16E-03	1,22E-02	6,13E-03
	S*	9,35E-07	4,67E-07	9,35E-07	4,67E-07	2,43E-03	1,21E-03	6,94E-03	3,48E-03
	K*	2,71E-04	1,36E-04	4,37E-04	2,19E-04	2,39E-04	1,20E-04	3,93E-04	1,96E-04
STAPH**	İ*	9,42E-04	4,71E-04	6,54E-04	3,71E-04	7,77E-04	3,88E-04	7,10E-04	3,55E-04
	Y*	7,79E-03	3,90E-03	8,11E-03	6,15E-06	1,28E-03	6,42E-04	9,62E-04	4,81E-04
	S*	3,29E-02	1,66E-02	4,52E-02	3,48E-04	1,27E-03	6,34E-04	6,98E-03	3,50E-03
	K*	5,27E-04	2,64E-04	6,96E-04	0	7,64E-04	3,82E-04	7,56E-04	3,78E-04
SINIR DEĞER		1.9X10⁻² (USEPA 2010)							

Açıklamalar q* İ=İlkbahar S=Sonbahar Y=Yaz K=Kış, *50 ml ve 25 ml : yutulan hacim, **ENT: İntestinal Enterekok, E.C: *E. coli*, PSEU: *P. aeruginosa*, STAPH: *S. aureus*,

Çizelge 4.3. Kum numuneleri doz-yanıt hesaplamaları sonucu çıkan hastalık riski sonuçları

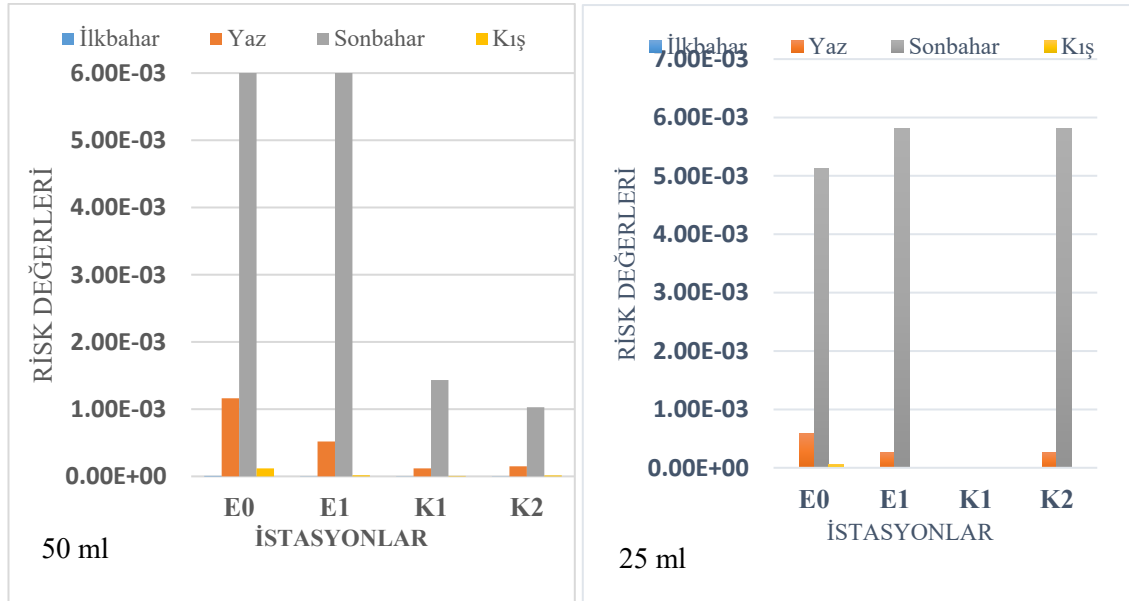
		E1			K1			K2		
		KK	DZK	DBK	KK	DZK	DBK	KK	DZK	DBK
E N T **	İ*	2,81E-11	3,64E-11	5,23E-01	0	0	0	0	0	0
	Y*	4,16E-12	5,83E-12	1,27E+00	4,16E-12	0	1,10E-10	0	1,17E-11	2,16E-11
	S*	4,16E-12	4,16E-12	1,90E-01	4,16E-12	1,25E-11	4,16E-12	6,24E-12	4,16E-12	4,16E-12
	K*	2,90E-09	1,33E-10	2,28E+00	2,08E-11	4,16E-12	4,16E-12	1,66E-11	8,32E-12	1,66E-11
E. C **	İ*	1,06E-08	7,00E-08	3,69E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,38E-09	0,00E+00	0
	Y*	1,55E-05	1,58E-05	9,45E-06	1,64E-06	1,07E-06	2,24E-06	1,65E-06	1,79E-06	1,94E-06
	S*	3,12E-05	6,89E-05	9,21E-08	4,42E-07	2,58E-07	1,84E-09	1,42E-06	2,75E-06	4,15E-07
	K*	3,04E-07	8,11E-08	6,08E-08	4,79E-08	9,21E-09	8,02E-08	1,51E-07	1,58E-07	1,31E-07
P S E U **	İ*	7,19E-09	8,53E-07	5,45E-07	2,73E-07	7,37E-08	2,84E-08	8,79E-08	3,38E-08	3,38E-08
	Y*	1,12E-08	2,63E-05	3,28E-05	2,04E-05	5,48E-06	1,08E-05	5,90E-05	4,29E-06	4,99E-06
	S*	0	2,06E-04	1,90E-04	2,63E-05	3,57E-07	7,12E-07	2,49E-05	3,55E-09	3,55E-09
	K*	1,30E-08	1,16E-06	6,15E-07	5,68E-07	4,94E-07	3,38E-07	6,54E-07	8,60E-07	6,68E-07
S T A P H **	İ*	2,29E-06	1,09E-05	2,33E-06	1,61E-06	1,39E-06	2,11E-06	2,05E-06	2,26E-06	1,19E-05
	Y*	1,60E-04	9,22E-05	2,78E-05	1,50E-05	9,23E-06	1,29E-05	4,41E-06	6,88E-06	3,54E-05
	S*	0,00026	0,000355	2,68E-05	1,65E-05	4,07E-06	9,48E-06	6,19E-06	6,42E-06	2,37E-05
	K*	5,16E-05	3,64E-06	3,72E-06	1,422E-06	2,04E-06	1,365E-06	2,08E-06	3,09E-06	1,34E-05
SINIR DEĞER			1.9X10-2 (USEPA 2010)							

Açıklamalar: *İ=İlkbahar S=Sonbahar Y=Yaz K=Kış, **ENT: İntestinal Enterekok, E.C: *E. coli*, PSEU: *P. aeruginosa*, STAPH: *S. aureus*, ***KK: kuru kum; DZK: Dalga Zonu Kum; DBK: Diz Boyu Kum.



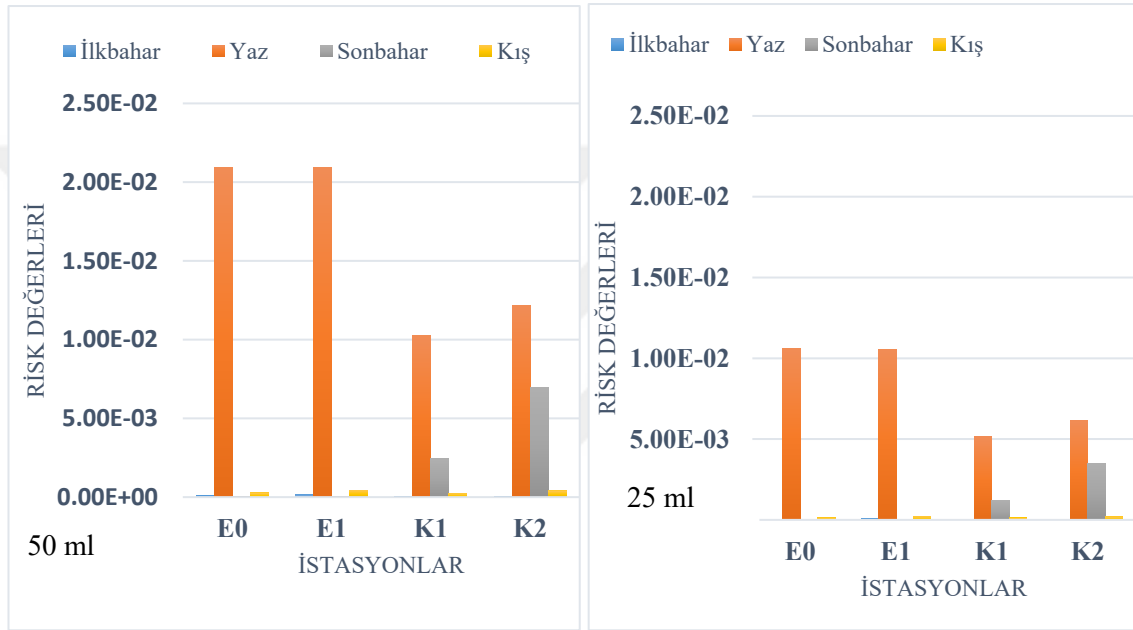
Şekil 4.1. ENT 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları

Yapılan hesaplamalar sonucu mevsimlere ve istasyonlara göre hastalık riski sonuçları Şekil 4.1.'de incelendiğinde, ENT için hastalık riskinin en fazla olduğu istasyon E0 istasyonudur. Kış aylarında yüksek çıkan bu hastalık riski oranının, meydana gelen yağışlar sonrası oluşan taşkınlarla kaynaklı Boğazay'ın taşıdığı mikrobiyal yüklerden meydana geldiği düşünülmektedir (Yenilmez 2022).



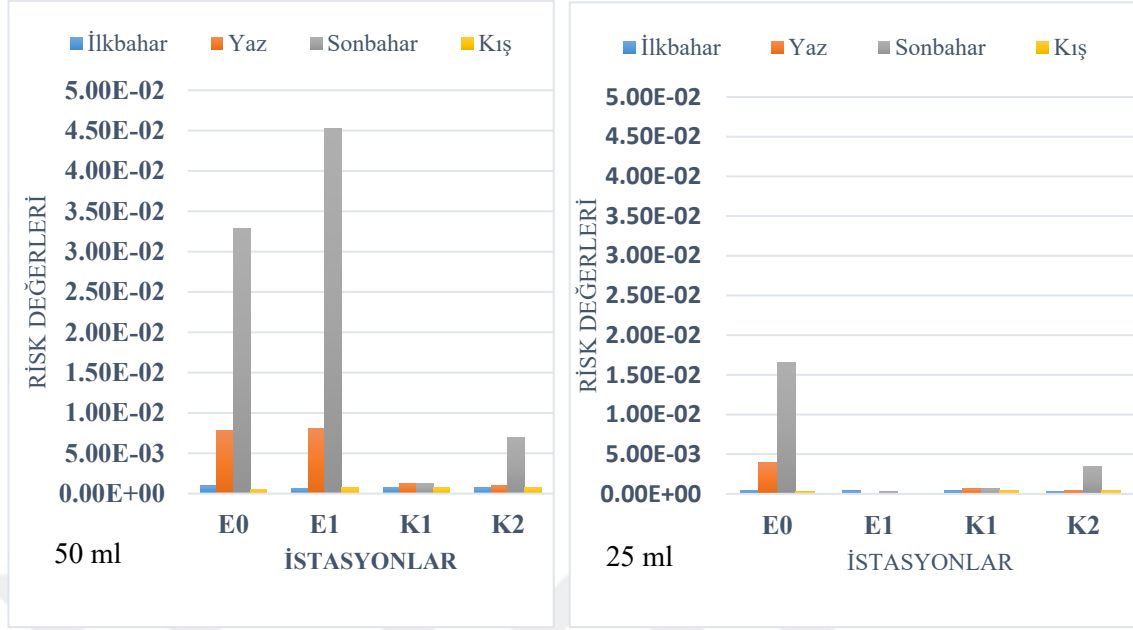
Şekil 4.2. E. coli 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları

Şekil 4.2. sonuçları incelendiğinde *E.coli*'nin oluşturduğu hastalık riski özellikle sonbahar aylarında diğer aylara kıyasla oldukça yüksek çıkmıştır. Referans sınır değer olan $1,9 \times 10^{-2}$ değeri ile kıyaslandığında E1 sonbahar ayı sonuçlarının ($1,6 \times 10^{-2}$) hastalık riski oluşturduğu görülmüştür. Yaptığımız çalışma pandemi dönemini de kapsadığı, pandemi yasaklarının 1 Temmuz 2021 yılında tamamen kalktığı göz önüne alındığında ve küresel ısınmadan dolayı mevsimlerin değişimi sonucu özellikle sonbahar döneminde hastalık riskinin yüksek çıkmasının uzamış yaz olarak adlandırılan mevsimsel değişimler neticesinde ve kullanıcı sayısının yaz aylarından az olmamasının bir sonucu olduğu düşünülmektedir (Tan 2023).



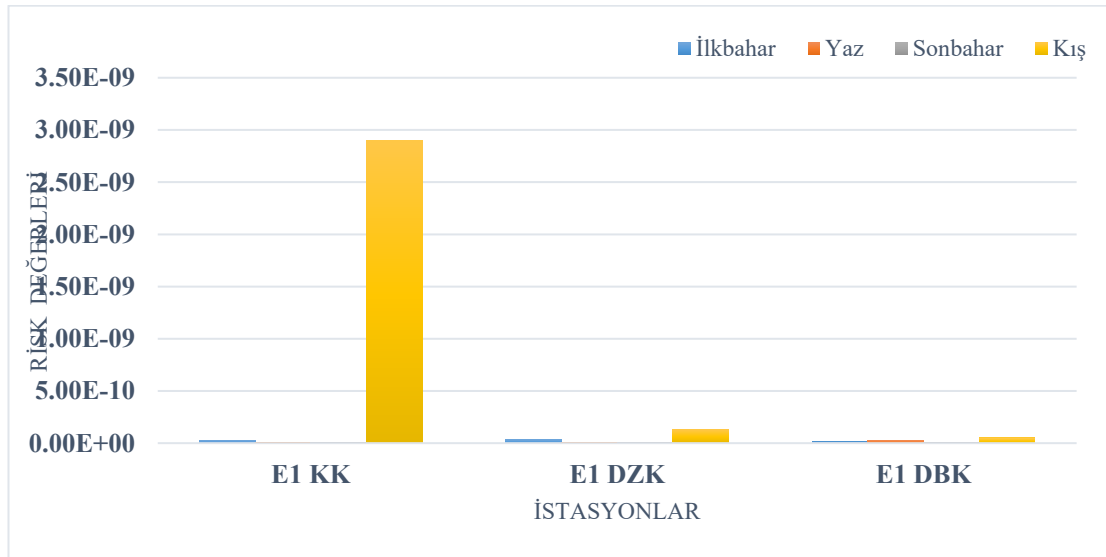
Şekil 4.3. PSU 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları

Şekil 4.3. sonuçları incelendiğinde PSEU'nin oluşturduğu hastalık riski yaz aylarında diğer mevsimlere göre yüksek çıkmıştır. E1 istasyonu yaz ayı sonucu ($2,02 \times 10^{-2}$), K1 istasyonu yaz ayı sonucu ($1,06 \times 10^{-2}$) ve K2 istasyonu yaz ayı sonucu ($1,22 \times 10^{-2}$) yüksek hastalık riski teşkil etmektedir. Yaz aylarında kullanıcı sayısında meydana gelen ve pandemi yasaklarının da kaldırılması sonucu kullanıcı sayısındaki artışın oluşan hastalık riskini arttırdığı düşünülmektedir. Pandemi öncesi aynı istasyonda 20-70 arası seyreden kullanıcı sayısı pandemi yasaklarının kalması ile 75-125 arasında gözlemlenmiştir.

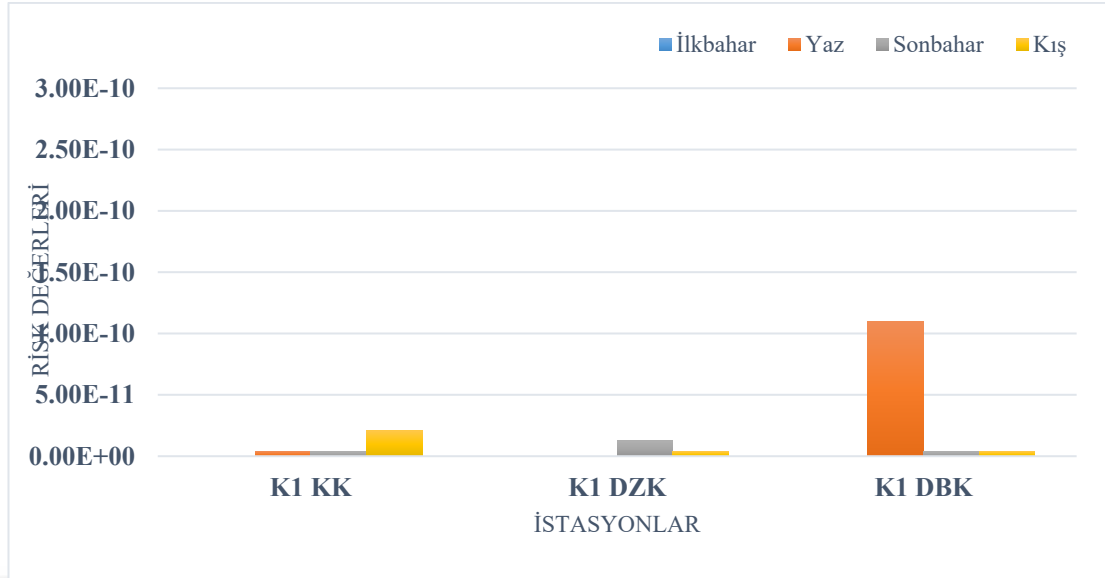


Şekil 4.4. STAPH 50-25 ml yutulan su miktarına göre doz-yanıt sonuçları

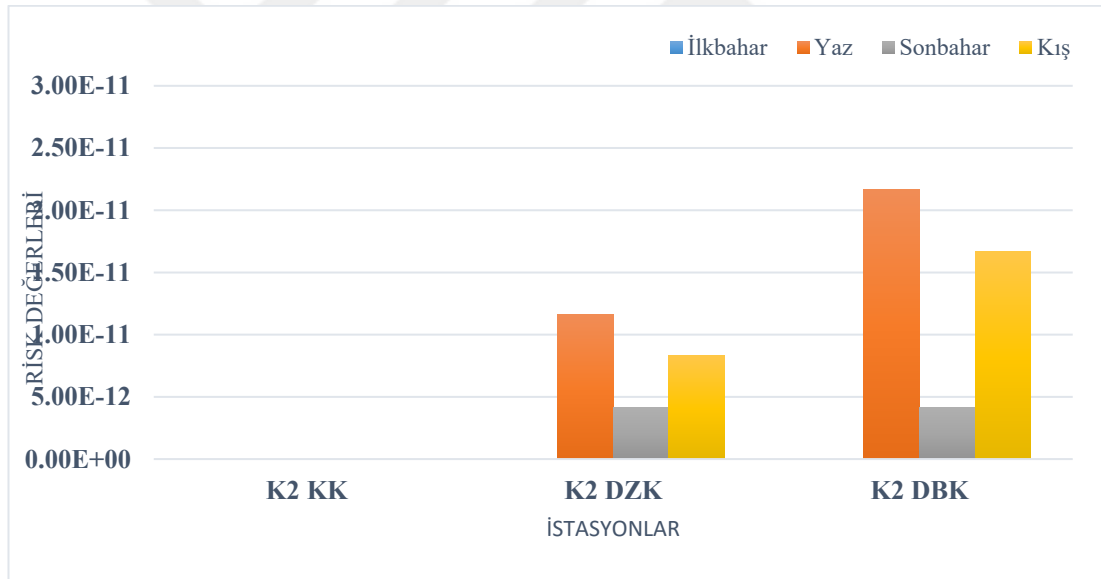
Şekil 4.4. sonuçları incelendiğinde STAPH'nin oluşturduğu hastalık riski özellikle sonbahar aylarında diğer aylara kıyasla oldukça yüksek çıkmıştır. Sonbahar ayı E1 istasyonu hastalık riski sonucu $4,52 \times 10^{-2}$ referans sınır değer olan $1,9 \times 10^{-2}$ değerine çok yakındır. E1 istasyonu hastalık riski sonuçları her ne kadar referans sınır değerinin altında çıksa da sonuçlar hastalık riski için tehlikeli bir durumdur.



Şekil 4.5. E1 istasyonu ENT 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

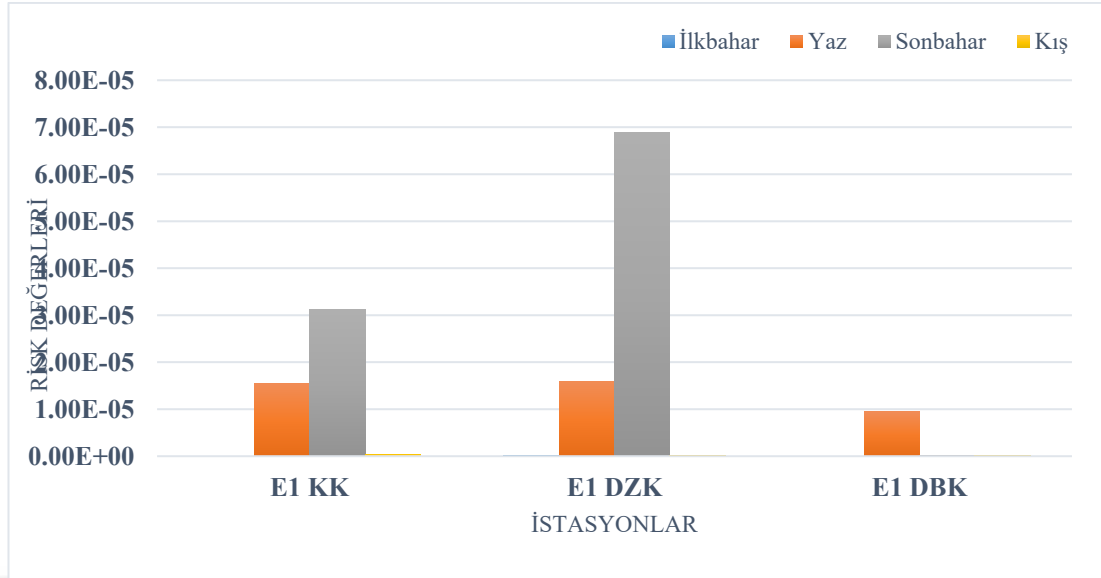


Şekil 4.6. K1 istasyonu ENT 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları



Şekil 4.7. K2 istasyonu ENT 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

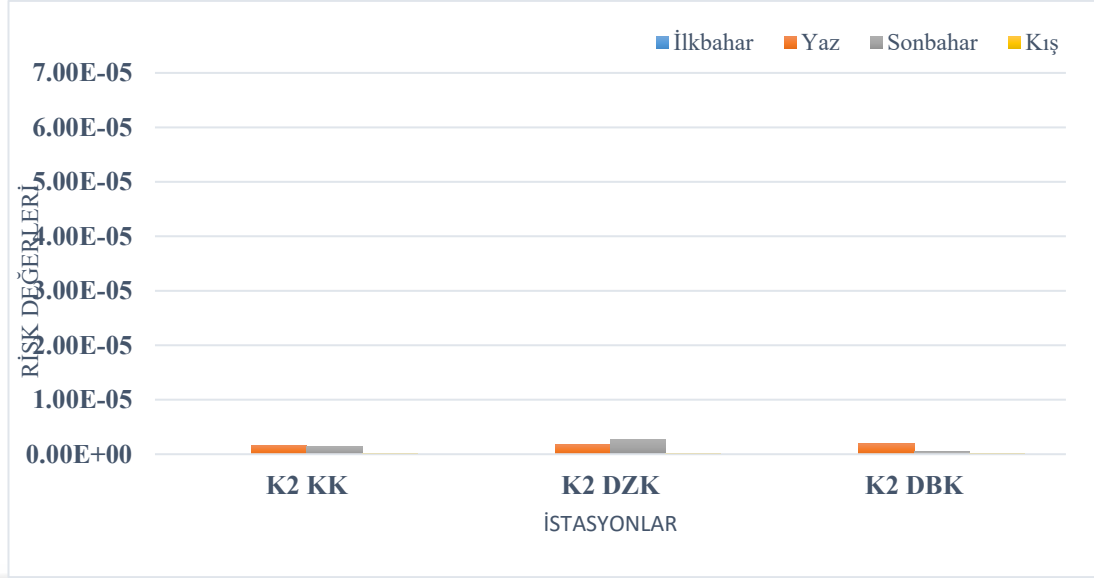
Üç farklı istasyonda kum numuneleri sonucunda ortaya çıkan hastalık riski sonuçları incelendiğinde ENT'nin oluşturduğu en yüksek hastalık riskinin kış aylarında ve Boğaçayı'nın karıştığı E1 istasyonunda olduğu görülmüştür. Kış ayında alınan numunelerde E1 istasyonunda kullanıcı görülmemiştir ancak alınan numuneler yağmur ve fırtına sonrasında alındığı için Boğaçayı'nın taşıdığı kirlilik yüklerinden kaynaklı hastalık riskinin yüksek çıktığı düşünülmektedir (Tan 2023).



Şekil 4.8. E1 istasyonu *E.coli* 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

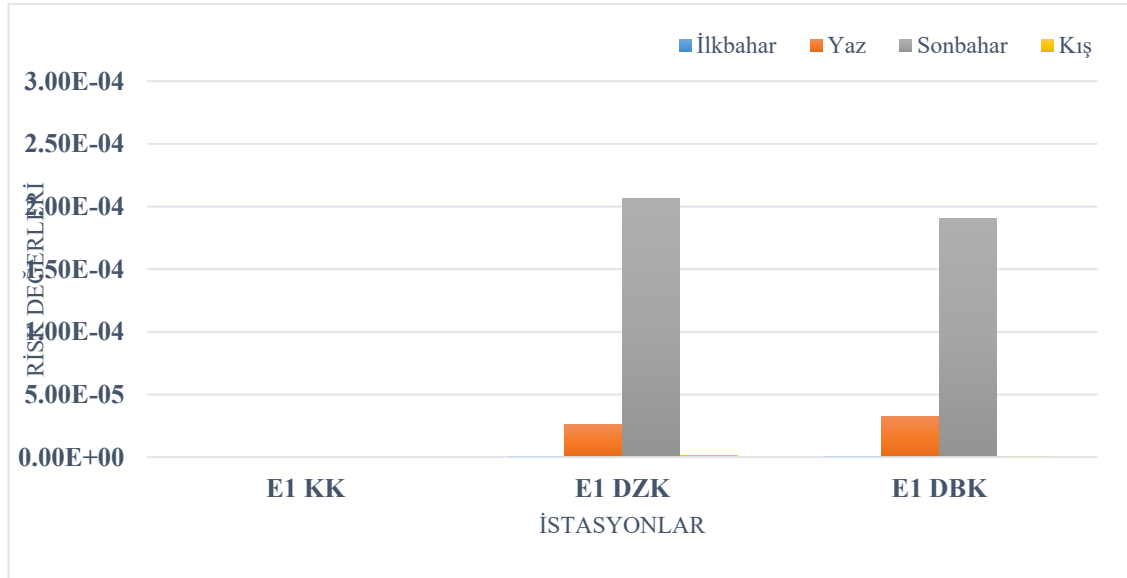


Şekil 4.9. K1 istasyonu *E.coli* 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

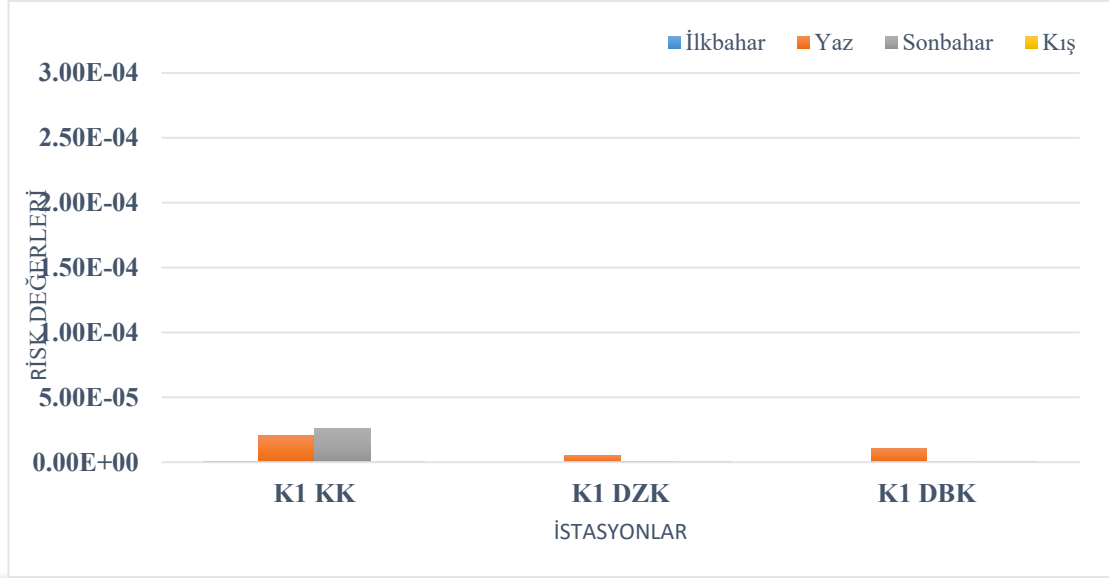


Şekil 4.10. K2 istasyonu *E.coli* 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

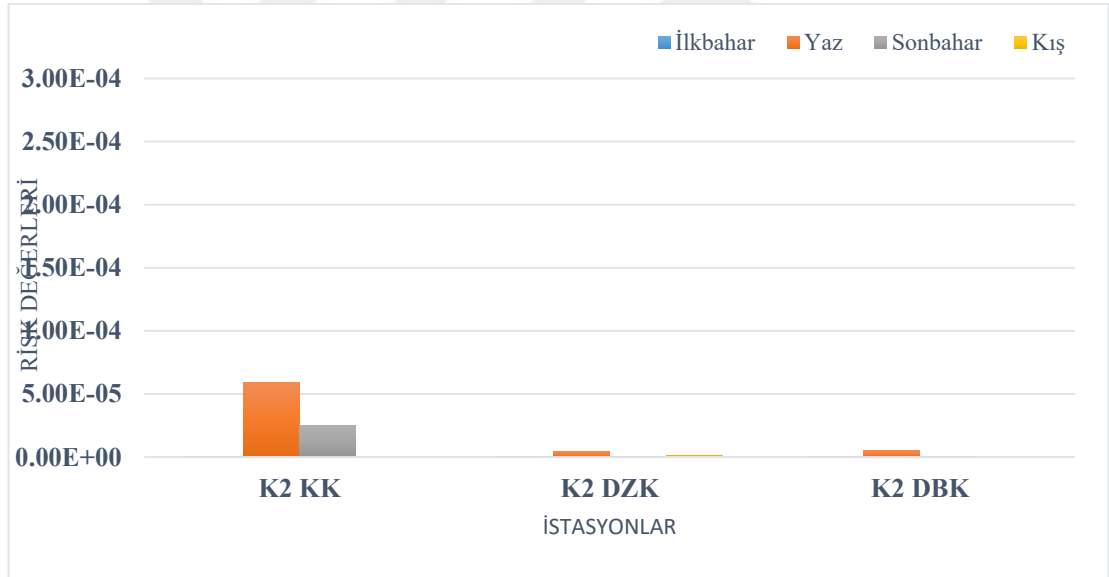
E.coli özelinde yapılan hastalık riski hesaplamaları sonucunda yine Boğazayı etkisi göze çarpmaktadır. E1 istasyonunda oluşan hastalık riski diğer istasyonlar ile kıyaslandığında çok daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Özellikle sonbahar aylarında DZK bölümü Çizelge 4.10. *E.coli* için hastalık riskinin en fazla olduğu inceleme noktası olarak görülmektedir.



Şekil 4.11. E1 istasyonu PSEU 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

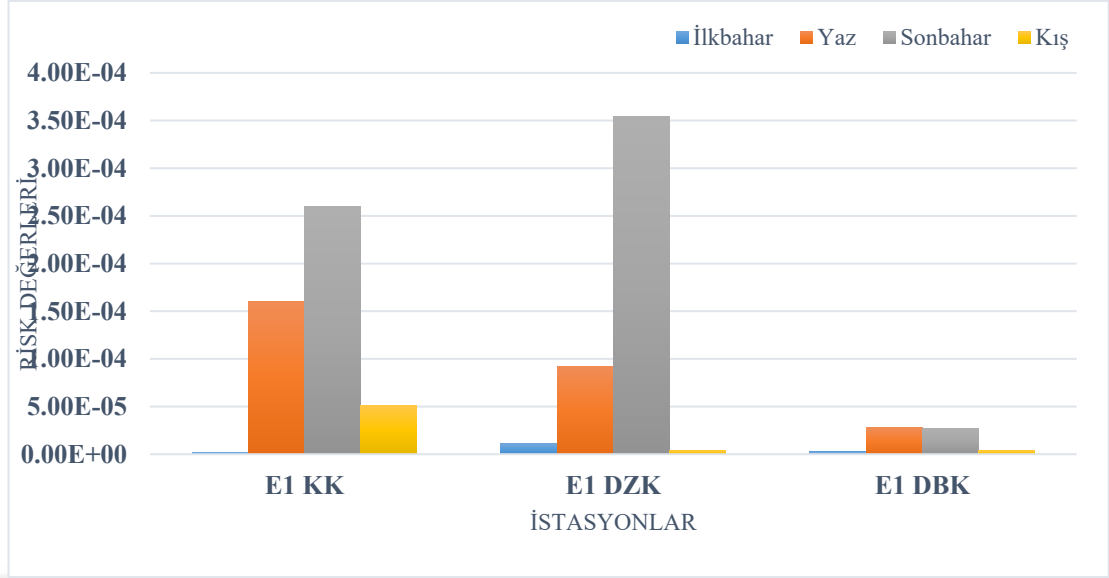


Şekil 4.12. K1 istasyonu PSEU 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

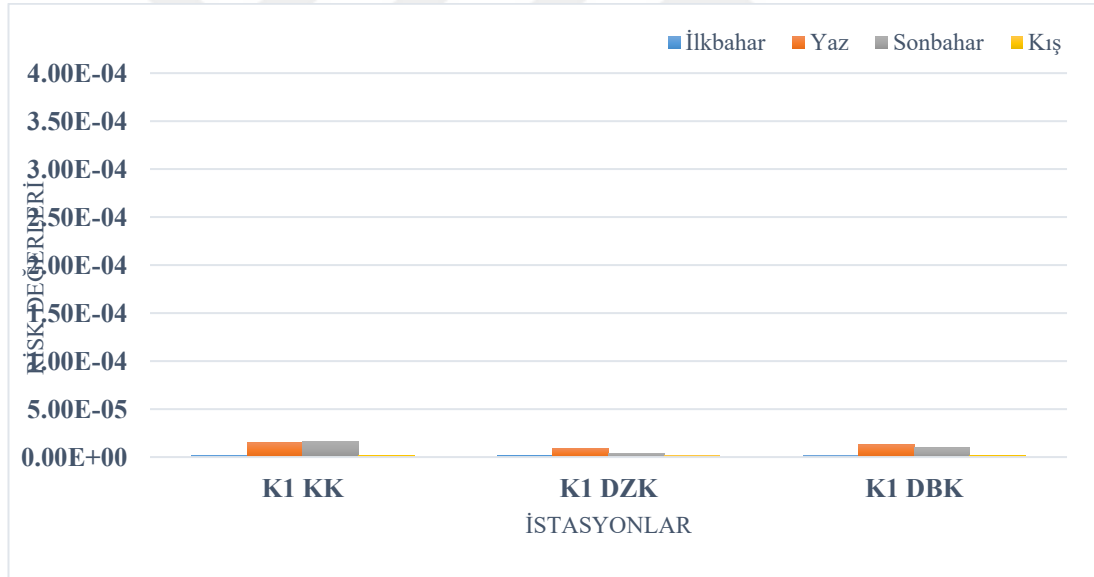


Şekil 4.13. K2 istasyonu PSEU 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

PSEU için hastalık riski hesaplamaları sonucunda Şekil 4.13. incelendiğinde E1 istasyonunda hastalık riski sonbahar aylarında diğer istasyonlara göre çok daha fazladır.

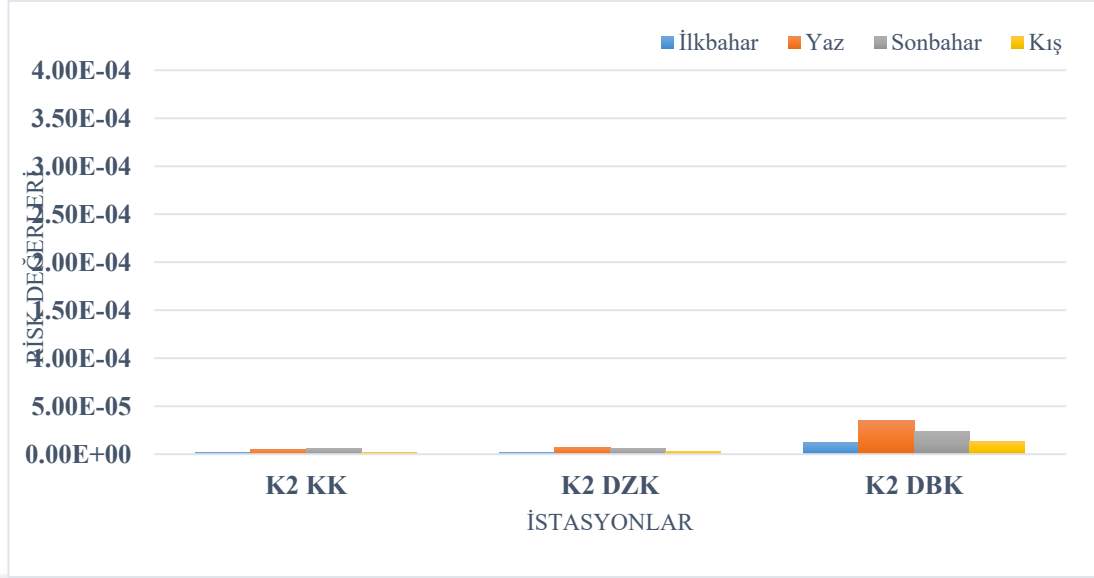


Şekil 4.14. E1 istasyonu STAPH 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları



Şekil 4.15. K1 istasyonu STAPH 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

K1 istasyonunda, 19 gr kum yutulması kabulüne göre S, aureus'un doz yanıt sonuçları



Şekil 4.16. K2 istasyonu STAPH 19 gr yutulan kum miktarına göre doz-yanıt sonuçları

STAPH için hastalık riski hesaplamaları sonucunda Şekil 4.14. incelendiğinde E1 istasyonunda hastalık riski sonbahar aylarında diğer istasyonlara göre çok daha fazladır. Deniz suyu sıcaklıklarının (30.3 C) sonbaharda bakterilerin gelişmek için tercih ettikleri sıcaklıkta bulunması nedeniyle enterik olmayan bir bakteri olan STAPH'ın yüksek konsantrasyonları korumaya devam ettiği görülmektedir. Bu bakteri aynı zamanda yüzme suyu kalitesi yönetmeliğinde izlenmesi gereken gösterge tür değildir. Ancak yüksek risk nedeniyle izlenmesi gerekmektedir.

Yapılan analizler sonucunda, kum numunelerinin incelendiği istasyonlarda ENT bakterisinin oluşturduğu hastalık riski dışında, diğer istasyonlarda en yüksek hastalık risklerinin sonbahar aylarında ve özellikle Boğaçay'a en yakın olan E1 istasyonunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Uzun yaz, kullanıcı sayısı artışı (58-196 kişi) ve Boğaçay taşıdığı kirlilik yükü (Tan 2023) göz önüne alındığında E1 istasyonda oluşan hastalık riskinin diğer istasyonlardan daha fazla çıkmasının bu etkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Su ve kum örneklerinden elde edilen ENT sonuçlarına incelenip istasyonlara özelinde bir değerlendirme yapıldığında, özellikle su örnekleri hesaplamalarının, DZK, DBK, KK gibi diğer bölgelerden alınan örneklerle yapılan hesaplamalar ile karşılaştırıldığında belirgin bir biçimde daha yüksek olduğu fark edilmektedir. Ancak, su ve kum örneklerinden hesaplanan değerlerin istasyon bazında yapılan toplam ortalamalarına bakıldığında, en yüksek sonuçları E0 istasyonunda gözlenmiştir. E0 istasyonunda hesaplanan yüksek değerlerinin kaynağının Boğaçay'ın getirdiği kirlilik yüklerinden olduğu tahmin edilmektedir (Tan 2023). Boğaçay istasyonu rekreasyonel amaç ile kullanılan bir bölüm değildir. Fakat Boğaçay'ın deniz ile karıştığı bir bölüm mevcuttur. Boğaçay'ın kirlilik yükleri özellikle E1 istasyonunun deniz ve kum kısmını etkilemektedir (Oğuz 2001).

Su ve kum örneklerinde ENT sonuçlarına dair istasyon odaklı analizde, özellikle DZK numunelerinde yapılan doz-yanıt hesaplamalarında, diğer bölgelerden alınan numunelere göre belirgin bir biçimde daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durumun, muhtemelen kullanıcı etkileşiminden dolayı ve istasyonların en yoğun kullanılan alanı olmasından dolayı kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Ancak, su ve kum numunelerinden elde edilen değerlerin hesaplanması sonucunda istasyon bazındaki toplam ortalamalarına bakıldığında, en yüksek değerlerin E0 istasyonunda kaydedildiği fark edilmektedir. Öte yandan, E1 istasyonu için belirlenen KK numunelerinin diğer istasyonlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Su ve kum numunelerindeki PSEU sonuçları için özellikle K1 ve K2 istasyonlarının benzer özelliklere sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu iki istasyon arasındaki benzerlik, elde edilen PSEU sonuçlarında ortak eğilimlerin bulunduğunu göstermektedir. Ancak, su ve kum numunelerinden kaynaklanan değerlerin istasyon bazındaki toplam ortalamalarına göz atıldığında, en yüksek değerlerin özellikle K1 ve K2 istasyonları için su numunelerinde elde edildiği belirlenmiştir. Bu durum, söz konusu istasyonlardaki su numunelerinin genel olarak diğer bölgelere göre daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermektedir.

Su ve kum örneklerinde belirlenen STAPH sonuçlarına yönelik istasyon bazlı hesaplamalar sonucunda, en yüksek değerin E1 istasyonu KK numunesinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Ancak, istasyon bazındaki genel ortalamalarına bakıldığında, en yüksek değerlerin su numunelerinden geldiği gözlemlenmektedir. Bu durum, su numunelerinin genel eğilimde daha yüksek STAPH değerlerine sahip olduğunu göstermektedir.

5. TARTIŞMA

İstasyonlardan alınan deniz, deniz kumu ve plaj kumu numuneleri üzerinde gerçekleştirilen mikrobiyolojik analiz sonuçlarının detaylı bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme, örneklerin kendi aralarında nasıl bir mikrobiyolojik profille ortaya çıktığını anlamak adına önemlidir.

Bu mikrobiyolojik analizlerin, özellikle halk sağlığına etkileri ve riskleri değerlendirilerek yorumlanması büyük bir öneme sahiptir. Bu değerlendirme, potansiyel tehlikelerin önceden tespit edilmesi ve alınması gereken önlemlerin belirlenmesi açısından kritiktir. Bu süreç, çevresel sağlık açısından olası riskleri en aza indirme amacını taşımaktadır ve toplumun genel sağlığını koruma konusunda önemli bir rol oynamaktadır.

Dünya’da hastalık risklerinin belirlenmesi için birçok yöntem kullanılmaktadır. Son yıllarda Dünya Sağlık Örgütü ve USEPA, QMRA yönteminin kullanılmasını tavsiye etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü 2016 yılında içme suyu, atık su ve rekreasyonel amaçlı kullanılan alanlar için dışkı patojenleri ile ilişkili riskleri değerlendirmek ve QMRA'nın uygulanması için uyumlu bir çerçeve sunmak amacıyla bir el kitabı yayınlamıştır. Bu kitapta bahsedilen QMRA modellemesinin su güvenliği yönetimine etkili bir destek olacağı belirtilmiştir (WHO 2016).

Miami-Dade County, Florida’da bulunan bir plajda yapılan çalışmada ENT ile STAPH patojenlerinin hastalık riski oluşturma durumları QMRA modellemesiyle incelenmiştir. ENT için maruz kalınan hastalık riski $5,5 \times 10^{-5}$, STAPH için ise $6,6 \times 10^{-6}$ olarak bulunmuştur. Çalışmamızda ENT $1,53 \times 10^{-7}$, STAPH ise $4,52 \times 10^{-2}$ bulunmuştur. Hesaplanan hastalık riski STAPH özelinde Florida’dan yüksek çıkmıştır. Benzer iklim koşulları ve şehir yerleşimi içinde bulunan plaj olması özelliği ile Konyaaltı plajı ile eşdeğer özelliktedir. Benzer bölgelerde yapılan literatür çalışmaları ile kıyaslanan sonuçlar dahilinde STAPH’nın fekal kirlenmenin bir göstergesi olarak kullanılabileceğini ve yüzme sonrası oluşan mide-bağırsak rahatsızlıklarının yüzme esnasında meydana gelen su yutma olayından kaynaklanacağını belirtmiştir. Ayrıca insan vücuduna yapışan kumdan kaynaklı ENT miktarının, deriden dökülen miktara göre daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Gitter vd. 2023).

Porto Riko Boquerón Plajı’nda QMRA tabanlı bir çalışma yapılmıştır. NoV, AdV, *Cryptosporidium*, *Giardia* protozoonlar ve *Salmonella* referans patojen olarak belirlenmiştir. Yapılan modellemenin amacı bu plajda deniz suyuna maruz kalma sonucu ortaya çıkabilecek mide-bağırsak hastalıklarının riskinin belirlenmesidir. Yapılan doz-yanıt hesaplamaları sonucunda ***Enterovirüs* için içi hastalık riski $1,6 \times 10^{-3}$, *Adenovirüs* için $1,6 \times 10^{-3}$, *Cryptosporidium* için 2×10^{-4} , *Giardia* için 4×10^{-5} ve *Salmonella* için 2×10^{-7}** olarak bulunmuştur. Bu çıkan sonuçları farklı epidemiyolojik çalışmalar ile kıyaslayan Solter vd. (2016) diğer yöntemlerle QMRA’nın birbirleriyle tutarlı olduğunu belirtmiştir. Bu tez çalışmasında virüs ve protozoa incelenmemiş fakat tutarlı bir yöntem olan QMRA yöntemi ile sağlık riski belirlenmiştir.

Balderrema vd. (2017) QMRA ile farklı su türlerinde yapılan çalışmalarını araştırmış, inceleyerek derleme yapmışlardır. Atık su, yüzey suyu, rekreasyonel sular, yeraltı suları ve içme suyu gibi su kaynaklarının kirlenme riski ve enfeksiyon olasılığının ele alındığı

çalışmalarda QMRA'nın güvenilirliği ile ilgili sonuçlar ortaya konulmuştur. QMRA'nın su kaynaklarında oluşabilecek kirlilik nedenlerinin belirlenmesine ve suyun türüne veya kalitesine bağlı olarak yapılacak arıtma işlemlerinin belirlenmesi konusunda bizlere yardımcı olacağı kanaatine varılmıştır. Bu çalışmada deniz suyu ve kıyı bölgeleri için rekreasyonel sulara maruz kalan ve kumda vakit geçiren insanların kabul edilebilir gastrointestinal hastalık riskinin USEPA kriterlerine göre $1,9 \times 10^{-2}$ olduğunu ve incelediği farklı çalışmalarda referans sınır değer olarak bu değerin kullanıldığını belirtmiştir.

Dünya genelinde deniz suyundan kaynaklanan hastalık riskini belirlemede QMRA modellemesi birçok defa kullanılmıştır. Ancak kum özelinde böyle bir çalışma rastlanmamıştır. ABD'de bu açığı kapatmak için bir çalışma yapılmıştır. *Cryptosporidium* ve ENT patojenleri referans patojen olarak seçilmiştir. Referans sınır değer olarak yine USEPA'nın belirlediği $1,9 \times 10^{-2}$ değeri referans olarak alınmıştır. Bu değer, hem kum hem deniz suyundan kaynaklı hastalık riskinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çocuklar için de bu değerin referans olarak belirlenebileceği belirtilmiştir. Ayrıca cilt hastalıklarının yanı sıra gastrointestinal hastalıklarında belirlenmesinde faydalı olmaktadır (Shibata vd. 2012).

Dünya genelinde yapılan birçok çalışmada referans değer olarak USEPA'nın belirlediği $1,9 \times 10^{-2}$ değeri alınmıştır (Shibata 2012).

Konyaaltı sahilinde yaptığımız QMRA modellemesinde hem kum hem deniz hem de çocuklar için yaptığımız doz-yanıt analizlerinde referans değer olarak USEPA'nın belirlediği $1,9 \times 10^{-2}$ değeri alınmıştır. Elde edilen doz-yanıt hesaplamaları sonucu bulduğumuz değerler USEPA'nın belirlediği $1,9 \times 10^{-2}$ referans sınır değere göre değerlendirilmiştir. QMRA modellemesi özelinde doz-yanıt hesaplamalarından elde edilen değerler 1'e yaklaştıkça hasta olma riskinin arttığı, uzaklaştıkça bu riskin azaldığı bilinmektedir.

Yaptığımız QMRA modellemesinde de istasyon bazında değerlendirme yaptığımızda, E0 istasyonunda yalnızca deniz bölümü üzerinde detaylı bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen QMRA modellemesine rağmen, bu istasyon, rekreasyonel amaçlardan yüzme ve dışında balıkçılık gibi ikincil ya da üçüncül rekreasyonel amaçlar için kullanılmaktadır. Bu nedenle sadece QMRA hastalık riski belirlenmiştir. Ancak E0 ile E1 istasyonu birbirine yakınlığı kritik bir önem arz etmektedir. Bu etkileşim sonucunda ortaya çıkan yüksek kirlilik düzeyleri, E1 istasyonunun hastalık riski oluşturma potansiyelini artırdığı gözlemlenmiştir. PSEU haricinde diğer referans patojenlerin özellikle yaz aylarında artış gösterdiği gözlemlenmiştir. PSEU ise ilkbahar aylarında pik noktaya ulaşmıştır. Özellikle kullanıcı sayısının arttığı yaz döneminde E1 istasyondaki kirlilik yükünün artmasından dolayı ilgili istasyon kullanıcıları için risk teşkil ettiği düşünülmektedir. Boğazayı ile E1 istasyonunun etkileşimi göz önünde bulundurularak özellikle E1 istasyonu mikrobiyal yükleri daha ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir.

E1 istasyonunda su, kuru kum, dalga zonu ve diz boyu kum bölgesi için doz-yanıt hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Hastalık riski için literatürden seçilen referans sınır değer olan $1,9 \times 10^{-2}$ ile değerlendirme yapılmıştır. Bu istasyonda yapılan doz-yanıt hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan sonuçlar referans sınır değerinden daha düşük çıkmıştır. İstasyondan elde edilen değerler her ne kadar sınır değerlerin altında çıksa da genel anlamda istasyonun hastalık riski değerlendirilmeye çalışılmıştır. İstasyondan

alınan su numunelerinde en düşük ENT kirlilik yükleri sonbahar aylarında ($8,21 \times 10^{-10}$) görülmüştür. En yüksek kirlilik yükleri ise kış döneminde ($7,01 \times 10^{-8}$) hesaplanmıştır. Kum örnekleri için ise doz-yanıt hesaplamalarında en düşük kirlilik yükleri yaz aylarında ($4,16 \times 10^{-12}$) görülmüştür. En yüksek değerler ise kış aylarında ($2,89 \times 10^{-9}$) yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. ABD’de yapılan kum özelinde yapılan hastalık riski hesaplamalarında ENT $4,4 \times 10^{-8}$ olarak hesaplanmıştır (Shibata vd. 2012). Yapılan çalışma özelinde E1 istasyonunda oluşan hastalık riski ABD’de yapılan çalışmadan daha düşük çıkmıştır. *E.coli* için su örneklerinde en düşük değerler kış aylarında ($8,73 \times 10^{-6}$) en yüksek kirlilik yükleri ise sonbahar döneminde ($1,16 \times 10^{-2}$) hesaplanmıştır. Referans sınır değer ile karşılaştırıldığında ($1,9 \times 10^{-2}$), sonbahar aylarında E1 istasyonu *E.coli* özelinde hastalık riski olduğu görülmüştür. E1 istasyonun, E0 istasyonu ile bağlantılı olması ve pandemi döneminin etkisi ve uzamış yaz sonucunda bu istasyonda hastalık riskinin arttığı düşünülmektedir. Kum örnekleri için en düşük kirlilik yükleri kuru kum da ilkbahar döneminde (0), en yüksek değerler ise yaz aylarında yapılan çalışmalarda kuru kum bölümünde ($1,5 \times 10^{-5}$) gözlemlenmiştir. Bu istasyon için su örnekleri PSEU özelinde incelendiğinde, en düşük değerler kış aylarında ($9,35 \times 10^{-7}$) en yüksek kirlilik yükleri ise yaz döneminde ($2,02 \times 10^{-2}$) olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç kabul edilebilir değere ($1,9 \times 10^{-2}$) çok yakın bir değerdir. Özellikle yaz aylarında kullanıcı sayısının artmasından kaynaklı hastalık riskinin arttığı düşünülmektedir. Kum örnekleri için en düşük kirlilik yükleri kuru kum da sonbahar döneminde (0), en yüksek değerler ise yaz aylarında ($2,06 \times 10^{-4}$) diz boyu kum bölümünde gözlemlenmiştir. PSEU için literatürde QMRA özelinde hastalık riski çalışmaları bulunamamıştır. Bu nedenle sadece referans sınır değer ile karşılaştırma yapılmıştır.

Su numunelerindeki STAPH en düşük kış aylarında, (0) en yüksek kirlilik yükleri ise sonbahar döneminde ($4,52 \times 10^{-2}$) hesaplanmıştır. Aynı mikroorganizma özelinde kum numuneleri için, doz-yanıt hesaplamalarında en düşük kirlilik yükleri Diz boyu kum bölümünde kış döneminde ($3,72 \times 10^{-6}$), en yüksek değerler ise sonbahar aylarında ($3,55 \times 10^{-4}$) yapılan çalışmalarda kuru kum bölümünde gözlemlenmiştir. ABD’de yapılan kum hastalık riski hesaplamalarında STAPH için risk $1,3 \times 10^{-8}$ olarak hesaplanmıştır (Shibata vd. 2012). Bu risk değeri E1 istasyonunda hesaplanan risk değerinden daha düşüktür.

K1 istasyonunda su, kuru kum, dalga zonu ve diz boyu kum bölgesi için doz-yanıt hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Hastalık riski için literatürden seçilen referans sınır değer olan $1,9 \times 10^{-2}$ ile değerlendirme yapılmıştır. İstasyondan alınan su numunelerinde en düşük ENT kirlilik yükleri ilkbahar aylarında ($7,06 \times 10^{-10}$) görülmüştür. En yüksek kirlilik yükleri ise yaz döneminde ($2,51 \times 10^{-8}$) hesaplanmıştır. Kum numunelerinde yapılan doz-yanıt hesaplamalarında en düşük kirlilik yükleri ilkbahar aylarında (0) görülmüştür. En yüksek değerler ise yaz aylarında ($1,09 \times 10^{-10}$) dalga zonu bölgesinde yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. ENT $4,4 \times 10^{-8}$ olarak hesaplanmıştır (Shibata vd. 2012). Yapılan çalışma özelinde K1 istasyonunda oluşan hastalık riski ABD’de yapılan çalışmadan daha düşük çıkmıştır. *E.coli* için su örneklerinde en düşük değerler ilkbahar aylarında ($1,16 \times 10^{-7}$) en yüksek kirlilik yükleri ise sonbahar döneminde ($1,43 \times 10^{-3}$) hesaplanmıştır. Kum örneklerinde yapılan doz-yanıt hesaplamalarında en düşük kirlilik yükleri ilkbahar döneminde (0), en yüksek değerler ise yaz aylarında ($2,23 \times 10^{-6}$) yapılan çalışmalarda diz boyu kum bölümünde gözlemlenmiştir. Bu istasyon için su örnekleri PSEU özelinde incelendiğinde, en düşük değerler ilkbahar aylarında ($6,78 \times 10^{-7}$) en

yüksek kirlilik yükleri ise yaz döneminde ($1,06 \times 10^{-2}$) hesaplanmıştır. Kum örnekleri en düşük kirlilik yükleri ilkbahar döneminde ($2,57 \times 10^{-9}$) diz boyu kum, en yüksek değerler ise yaz aylarında ($2,62 \times 10^{-5}$) yapılan çalışmalarda kuru kum bölümünde gözlemlenmiştir. PSEU için literatürde QMRA özelinde hastalık riski çalışmaları bulunamamıştır. Bu nedenle sadece referans sınır değer ile karşılaştırma yapılmıştır. Su numunelerindeki STAPH en düşük değerler kış aylarında ($4,59 \times 10^{-6}$) en yüksek kirlilik yükleri ise sonbahar döneminde ($1,01 \times 10^{-5}$) hesaplanmıştır. Aynı mikroorganizma özelinde kum numuneleri için, doz-yanıt hesaplamalarında. Kum numunelerinde yapılan doz-yanıt hesaplamalarında en düşük kirlilik yükleri ilkbahar ($1,73 \times 10^{-8}$) döneminde, en yüksek değerler ise sonbahar aylarında ($1,27 \times 10^{-3}$) yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. ABD’de yapılan sediment hastalık riski hesaplamalarında STAPH için risk $1,3 \times 10^{-8}$ olarak hesaplanmıştır (Shibata vd. 2012). Bu risk değeri K1 istasyonunda hesaplanan risk değerinden daha düşüktür.

K2 istasyonunda su, kuru kum, dalga zonu ve diz boyu kum bölgesi için doz-yanıt hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Hastalık riski için literatürden seçilen referans sınır değer olan $1,9 \times 10^{-2}$ ile değerlendirme yapılmıştır. Bu istasyonda yapılan doz-yanıt hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan sonuçları PSEU hariç referans sınır değerinden çok daha düşük çıkmıştır. İstasyondan elde edilen değerler her ne kadar sınır değerlerin altında çıksa da genel anlamda istasyonun hastalık riski değerlendirilmeye çalışılmıştır. İstasyondan alınan su numunelerinde en düşük ENT kirlilik yükleri ilkbahar aylarında görülmüştür (0). En yüksek kirlilik yükleri ise kış döneminde ($1,10 \times 10^{-8}$) hesaplanmıştır. Kum numunelerinde yapılan doz-yanıt en düşük kirlilik yükleri ilkbahar döneminde (0) hesaplanmıştır. En yüksek değerler ise kış aylarında ($2,16 \times 10^{-11}$) diz boyu kum bölgesinde yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. Kum numunesinde yapılan bir çalışmada ENT $4,4 \times 10^{-8}$ olarak hesaplanmıştır (Shibata vd. 2012). Yapılan çalışma özelinde oluşan hastalık riski ABD’de yapılan çalışmadan daha düşük çıkmıştır. *E.coli* için su örneklerinde en düşük değerler ilkbahar aylarında ($7,27 \times 10^{-7}$) en yüksek kirlilik yükleri ise sonbahar döneminde ($1,03 \times 10^{-3}$) hesaplanmıştır. Kum örnekleri yapılan doz-yanıt hesaplamalarında en düşük kirlilik yükleri dalga zonu ve diz boyu kum bölgelerinde ilkbahar döneminde (0), en yüksek değerler ise sonbahar aylarında yapılan çalışmalarda ($2,47 \times 10^{-6}$) gözlemlenmiştir. PSEU özelinde incelendiğinde, en düşük değerler yaz aylarında ($1,43 \times 10^{-7}$) en yüksek kirlilik yükleri ise sonbahar döneminde ($1,22 \times 10^{-2}$) hesaplanmıştır. Kum örnekleri en düşük kirlilik yükleri diz boyu kum bölümünde kış döneminde (0), en yüksek değerler ise sonbahar aylarında ($5,89 \times 10^{-5}$) kuru kum bölgesinde yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. PSEU için literatürde QMRA özelinde hastalık riski çalışmaları bulunamamıştır. Bu nedenle sadece referans sınır değer ile karşılaştırma yapılmıştır. Su numunelerindeki STAPH en düşük değerler ilkbahar aylarında ($2,34 \times 10^{-5}$) en yüksek kirlilik yükleri ise sonbahar döneminde ($1,27 \times 10^{-3}$) hesaplanmıştır. Kum numunelerinde yapılan doz-yanıt hesaplamalarında en düşük kirlilik yükleri sonbahar döneminde diz boyu kum bölümünde ($3,55 \times 10^{-9}$), en yüksek değerler ise yaz aylarında ($3,54 \times 10^{-5}$) yapılan çalışmalarda diz boyu kum bölümünde gözlemlenmiştir. ABD’de yapılan kum özelinde hastalık riski hesaplamalarında STAPH için risk $1,3 \times 10^{-8}$ olarak hesaplanmıştır (Shibata 2012). Bu risk değeri K2 istasyonunda kum özeline hesaplanan risk değerinden daha düşüktür. Elde ettiğimiz sonuçlar $1,3 \times 10^{-8}$ değeri ile kıyaslandığı zaman, hastalık riski daha yüksek çıkmıştır. Elmir vd. (2007) ise yüzenlerin önemli miktarlarda enterokok ve STAPH su kolonuna taşıdığını ve dolayısıyla

insan mikrobiyal yüzücü yükünün rekreasyonel su kalitesi modelleri tasarlanırken nokta olmayan bir kaynak olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

E.coli için literatürde QMRA özelinde hastalık riski çalışmaları bulunamamıştır. Sadece patojen türü üzerine ve içme suyunda çalışmalara rastlanmıştır. Bu nedenle sadece referans sınır değeri ile karşılaştırma yapılmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, iklim değişikliği ile deniz yüzeyi sıcaklıklarının artma olasılığı bulunmaktadır. Deniz suyu yüzeyi sıcaklıklarının 2025 yılına kadar 0,4-1,1°C artması (IPCC 2013) ve 2100 yılına kadar da 3,7 °C'ye kadar yükselmesi beklenmektedir (Barreras 2019). Bu nedenle çalışmamızda elde edilen deniz suyu kalitesine ilişkin bakteri konsantrasyonları ve oluşturdukları hastalık riskinin artacağını göstermektedir. Öngörülen deniz suyu sıcaklık artışı fekal kaynaklı bakterilerin hayatta kalmak için optimum sıcaklığın devam edebileceği süreyi de uzatacaktır. Mikrobiyal kalıcılıktaki artışla, patojenik mikroplar muhtemelen daha uzun süre canlı kalarak bağırsak hastalıkları, göz ve kulak enfeksiyonları ile ilişkili sağlık riski sonuçlarını artıracığı beklenmektedir (Dvorak vd. 2018, Trtanj vd. 2016).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Konyaaltı sahilinde mikrobiyal kirlenmenin oluşturduğu hastalık risklerinin belirlenmesi için yapılan bu çalışmada, Konyaaltı sahilinin genel durumunun incelenmesi amaçlanmıştır. 7,5 kilometre kıyı uzunluğuna sahip olan bu sahil şeridinin tamamını temsil edecek 4 istasyon belirlenmiş ve kullanıcıların hastalık risklerini belirlemek için Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği QMRA modellemesi yapılmıştır. Bu istasyonlardan su, KK, DZK, DBK olmak üzere 2020-2022 yıllarında 4 farklı numune alınmış ve önerilen hesaplamalar yapılmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü tarafından rekreasyonel sularda hastalık riskinin belirlenmesi için QMRA modellemesi önerilmiştir. Dünya genelinde plajlarda ve rekreasyonel olarak kullanılan alanlarda hastalık risklerinin belirlenmesi ve çıkan sonuçlara göre eylem planlaması yapılması için QMRA modellemesi birçok çalışmada kullanılmıştır. Özellikle deniz suyu özelinde hastalık riski belirlenmesi için birçok araştırma yapılmıştır. Ancak plajlarda bulunan sediment bölgesi bu araştırma kapsamına girmemiştir. Deniz suyu özelinde yapılan bu çalışmalarda sadece sediment özelinde Dünya genelinde sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir çalışma mevcuttur. Literatürde bulunan bu açığı kapatmak için yapılan çalışmada da sadece *Cryptosporidium*, ENT ve STAPH patojenleri referans patojen olarak seçilmiştir. Bu çalışmada da kum bölgesinde (dalga zonunda) daha fazla vakit geçirdiği düşünülen çocuklar da dikkate alınarak doz-yanıt hesapları yapılmıştır.

Konyaaltı sahili özelinde yaptığımız QMRA modellemesi ve hastalık riski belirlenmesi ülkemizde bu alanda yapılan ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. Özellikle turizmin kalbi olarak adlandırılan ve hem ülkemiz hem de Dünya genelinde turistlerin en çok tercih ettiği lokasyonlardan olan Antalya Konyaaltı Sahili için bu çalışmanın yapılması epidemiyolojik açıdan çok fazla önem arz etmektedir. Konyaaltı Sahili'nin mavi bayrak sahibi olması ve özellikle yaz aylarında çok yoğun kullanıcı sayısına ulaşması yaptığımız çalışmanın önemini arttırmaktadır. Bu standartların korunması ve sürdürülebilirliği açısından oluşan ya da oluşabilecek risklerin değerlendirilmesi ve eylem planlarının oluşturulması ülkemiz ve Antalya için kritik öneme sahiptir.

Dört istasyon özelinde yapılan analizler ve hesaplamalar incelendiğinde özellikle E0 istasyonunun karıştığı E1 istasyonunda hastalık riski değerleri diğer istasyonlara göre daha yüksek çıkmıştır. Özellikle yağmurlu ve fırtınalı bir günden sonra alınan numuneler ve bu numuneler için yapılan hesaplamalarda kirlilik yüklerinde önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Boğaçayı'nın getirdiği bu kirlilik yüklerinin Konyaaltı Sahili'ne etkisinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. E1 istasyonundaki kullanıcı kaynaklı kirlilik ve ekstra bir kirlilik yüküne neden olan E0 istasyonu mavi bayraklı bir plaj için dikkat edilmesi gereken kritik değerlendirme unsurlarından biri olduğu düşünülmektedir. Çünkü yapılan hesaplamalar sonucu incelendiğinde kirlilik yüklerinin Boğaçayı istasyonunda uzaklaştıkça azaldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde özellikle kum numunelerinde hastalık riski oranı düşük çıkmıştır. Ancak yapılan çalışmada değerlendirilen çocuklar toprak-kum yeme eğilimi olmayan çocuklar kabul edilerek hesaplanmıştır. Bu nedenle toprak yeme eğilimi olan çocuklar (pika) için hastalık riski bilinmemektedir.

E1 istasyonu özelinde yetişkin bireyler için *E.coli* kaynaklı hastalık riski değeri sonbahar döneminde $1,16 \times 10^{-2}$ olarak bulunmuştur. Bu değer referans sınır değerimiz ile kıyaslandığında ($1,9 \times 10^{-2}$) hastalık riskinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Pandemi dönemini yasaklarının kalkmasından kaynaklı kullanıcı sayısındaki artış, uzamış yaz olarak adlandırılan mevsimlerin kaymasından kaynaklı sıcaklık artışları ve E0 istasyonunun etkisi bu istasyonda hastalık riskinin yüksek olmasının nedenlerinden olduğu tahmin edilmektedir.

PSEU hastalık riski sonuçları, su numunelerinde 3 istasyonda da referans sınır değerden ($1,9 \times 10^{-2}$) yüksek çıkmıştır. Mevsimsel bazda incelendiğinde üç istasyonda da yaz aylarında yüksek değerler görülmüştür.

STAPH özelinde hastalık riski sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek değerler E1 istasyonunda ve sonbahar aylarında görülmüştür. Referans sınır değere çok yakın ($4,52 \times 10^{-2}$) risk sonucuna ulaşılmıştır.

Her ne kadar hastalık riski değerlerimiz (E1 istasyonu hariç) düşük çıksa da bu riskin azlığı ENT, *E.coli*, PSEU ve STAPH patojenlerinin bulunmadığı anlamına gelmemektedir. Yaz aylarında hastalık riski sonuçlarının düşük çıkmasına rağmen sahillerin yaz aylarında yüksek kullanıcı sayısına ulaştığı dikkate alınmalıdır. Sürdürülebilir bir kıyı yönetimi belirlenmediği takdirde kirliliğin ve buna bağlı olarak hastalık riskinin de artması öngörülmektedir.

- Plaj kullanıcılarının bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi
- Plaj kullanıcı sayılarının sınırlandırılması
- Kullanıcılar için tuvaletlerin mutlaka yeterli sayıda bulundurulması
- Gemiler tarafından denize usulsüzce boşaltılan sintine suları özelinde sıkı denetimler yapılması
- Arıtma tesisi deşarjlarının gerekli standartlara uygun olarak yapılmasına özen gösterilmesi
- Yerüstü su kalitesi ve yüzme suyu ilgili yönetmeliklere deniz kumu ve plaj kumu kalitesinin de yer alması
- Yüzme suyu kalitesi için *P. aeroginasa* ve *S. aureus* türlerinin ayda bir analiz edilmesi
- Plaj güvenliği ve çocuk sağlığının korunması amacıyla plaj kumunda da mikrobiyal indikatörler *E. coli*, İntestinal Enterekok yanında *P. aeroginasa* ve *S. aureus* türlerinin analizlerinin yapılması
- Enterik olmayan diğer formlarında (maya-mantar, protozoonlar vb.) deniz suyu kalitesinde incelenmesi

Sürdürülebilir ve etkin bir kıyı yönetimi için yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Ülkemizin güzide sahil şeritlerinin başında gelen Konyaaltı sahili için yapılan hesaplamalar ve yukarıda belirtilen hususların güvenilir ve etkili bir kıyı yönetimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



7. KAYNAKLAR

- Ahmad, A., Dada, AC, Usup, G. ve Heng, L.Y. 2013. Malezya'daki plajların bakteriyolojik kalitesinin izlenmesine yönelik Enterococci göstergesinin çok değişkenli bir yaklaşım kullanılarak doğrulanması, *SpringerPlus*, (2): , 1-18.
- Ak, B. ve Sevin, H.D., 2000. Turist Sağlığı ve Turist Sağlığı İmkânları Açısından Antalya Bölgesinde Bir İnceleme, Hacettepe Üniversitesi Sağlık İdaresi Dergisi, 5(1): 89-100.
- Akyarlı, A., Yüksel, E., Çevik, Y., Yalçın, A., Güler, İ., 2003. Kıyı Bölgesi Yönetimi ve Sorunları, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 420.
- Ankara Üniversitesi, 2021. Türkiye'de Turizm, Ankara. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/22768/mod_resource/content/1/14%20Türkiye%20Turizm%20Co%20C4%9Frafyas%20C4%B1.pdf [Son Erişim Tarihi: 02.01.2024].
- Bahar, O. ve Kozak, M., 2006. Turizm Ekonomisi, Detay Yayıncılık, Ankara.
- Balderrama-Carmona, A. P., Gortáres-Moroyoqui, P., Álvarez, L. H., Ulloa-Mercado, R. G., Leyva-Soto, L. A. ve Díaz-Tenorio, L. M. 2017. Perspectives of quantitative risk assessment studies for giardia and cryptosporidium in water samples. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228, 1-17.
- Barreras H. Jr., Kelly E. A, Kumar N, 2019. Solo-Gabriele H.Mi Assessment of local and regional strategies to control bacteria levels at beaches with consideration of impacts from climate change. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 138, January 2019, 249-259.
- Bauer, L. ve Alm, E. 2012. Escherichia coli toxin and attachment genes in sand at Great Lakes recreational beaches. *Journal of Great Lakes Research*, 38(1): 129-133.
- Bichai, F. ve Smeets, P. W. 2013. Using QMRA-based regulation as a water quality management tool in the water security challenge: experience from the Netherlands and Australia. *Water Research*, 47(20): 7315-7326.
- Bilgehan, H. 1990. Klinik mikrobiyoloji: özel bakteriyoloji ve bakteri enfeksiyonları. Barış Yayınları Fakülteler Kitapevi.
- Black, J.G. 1996. Microbiology: Principles and Applications. Third Edition, Prentice - Hall, Inc., Oxford
- Bonilla, t.d., nowosielski, k., cuvelier, m., hartz, a., green, m., esiohu, n., mcorquodale, d.s., fleisher, j.m., rogerson, A. 2007. Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure. *Marine Pollution Bulletin*, 54 (2007): 1472-1482.
- Borrego, j.j. and FIGUERAS, M.J., 1997. Microbiological Quality of Natural Waters. *Microbiologia SEM*, 13, 413-426.
- Çatalkaya, Y. 2020. Rekreasyon Kavramı ve Rekreasyon Hizmet Sistemi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Demirtaş, N. 2011. Turizm ve Çevre, Ankuzem, Ankara.

- Denissen, J., Reyneke, B., Barnard, T., Khan, S. Ve Khan, W. 2023. Risk assessment of *Enterococcus faecium*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Pseudomonas aeruginosa* in environmental water sources: Development of surrogate models for antibiotic resistance genes. *Science of the Total Environment*, 901, 166-217.
- Dipova, N. 2016. Antalya Konyaaltı sahilinde kıyı erozyonu tehlikesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (7): (Ek (Suppl.) 1), 223-231.
- Dvorak, A.C., Solo-Gabriele, H.M., Galletti, A., Benzecry, B., Malone, H., Boguszewski, V., Bird, J., 2018. Possible impacts of sea level rise on disease transmission and potential adaptation strategies, a review. *J. Environ. Manag.* 217, 951–968.
- Efstratiou, M. A., & Tsirtsis, G. 2009. Do 2006/7/EC European Union Bathing Water Standards exclude the risk of contact with *Salmonella* or *Candida albicans*?. *Marine pollution bulletin*, 58(7): 1039-1044.
- Elmir, S.M., Wright, M.E., Solo-Gabriele, H.M., Abdelzaher, A., Fleming, L.E., Miller, G., Rybolowik, M., Shih, M.-T.P., Pillai, S.P., Cooper, J.A., Quaye, E.A., 2007. Quantitative evaluation of bacteria released by bathers in a marine water. *Water Research* 41, 3–10.
- Emel, C. A. N. 2015. Boş zaman, rekreasyon ve etkinlik turizmi ilişkisi. *İstanbul Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 1-17.
- Esfahanian, E., Adhikari, U., Dolan, K., & Mitchell, J. (2019). Construction of a new dose–response model for *Staphylococcus aureus* considering growth and decay kinetics on skin. *Pathogens*, 8(4): 253.
- Evert, A.W., 1999. Outdoor Recreation and National Resource Management: An Uneasy Alliance, *Parks & Recreation*, 34(7).
- Federigi, I., Verani, M., Donzelli, G., Cioni, L. ve Carducci, A. 2019. The application of quantitative microbial risk assessment to natural recreational waters: a review. *Marine pollution bulletin*, 144, 334-350.
- Ferguson, D.M., Moore, D.F., Getrich, M.A. ve Zhouandai, M.H. 2005. Güney Kaliforniya'da deniz ve gelgit çökeltlerinde ve kıyı sularında bulunan enterokokların sayımı ve türleşmesi. *Uygulamalı Mikrobiyoloji Dergisi* , 99 (3): 598-608.
- Garipağaoğlu, N., Özcan, S., Uzun, M. 2014. Moda-Caddebostan Kıyı Alanındaki Değişimin İncelenmesi, Sayı 29.
- Ghinsberg, R. C., Rogol, M., Sheinberg, Y. ve Nitzan, Y. 1994. Monitoring of selected bacteria and fungi in sand and sea water along the Tel Aviv coast. *Microbios*, 77(310): 29-40.
- Gholipour, S., Nikaeen, M., Rabbani, D., Mohammadi, F., Manesh, R. M., Besharatipour, N. ve Bina, B. 2023. Occurrence of enteric and non-enteric microorganisms in coastal waters impacted by anthropogenic activities: A multi-route QMRA for swimmers. *Marine Pollution Bulletin*, 188, 114716.
- Gitter, A., Gidley, M., Mena, K. D., Ferguson, A., Sinigalliano, C., Bonacolta, A. ve Solo-Gabriele, H. 2023. Integrating microbial source tracking with quantitative microbial risk assessment to evaluate site specific risk based thresholds at two South Florida beaches. *Frontiers in microbiology*, 14.

- Hacıbektaşoğlu, A., Eyigün, C. P. ve Özsoy, M. F. 1993. Gıda elleyicilerinde burun ve boğaz portörlüğü. *Mikrobiyol Bul*, 27, 62-70.
- Hall, C.M., 2008. *Tourism Planning: Policies Processes and Relationships*, London: Pearson Education.
- Halliday, AEA 2012. *Kumlar ve çevresel koşullar, rekreasyonel plajlarda dışkı göstergesi enterokok bakterisinin bolluğunu ve kalıcılığını etkilemektedir* (Doktora tezi, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü).
- Halliday, E. ve Gast, R. J. 2011. Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environmental science & technology*, 45(2): 370-379.
- Hartz, A., Cuvelier, M., Nowosielski, K., Bonilla, T. D., Green, M., Esiobu, N., ve Rogerson, A. 2008. Survival potential of *Escherichia coli* and enterococci in subtropical beach sand: implications for water quality managers. *Journal of environmental quality*, 37(3): 898-905.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. www.ipcc.ch/report/ar5/wg1.
- Januário, A. P., Afonso, C. N., Mendes, S. ve Rodrigues, M. J. 2019. Faecal indicator bacteria and *Pseudomonas aeruginosa* in marine coastal waters: is there a relationship?. *Pathogens*, 9(1): 13.
- Kapan, K. ve Timor, A. N. 2018. Turizm gelişme modelleri açısından Antalya şehri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71, 53-61.
- Karaküçük, S. 2001. *Rekreasyon*. Ankara: Gazi Kitapevi. Karaküçük, S. (2008). *Rekreasyon boş zaman değerlendirme*. (Altıncı Baskı). Ankara: Gazi Kitapevi.
- Kelsey, h., porter, d.e., scott, g., neet, m., white, d., 2004. Using geographic information systems and regressions analysis to evaluate relationship between land use and fecal coliform bacterial pollution. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 298 (2004) 197-209.
- Kimiran, A., 1999. İstanbul Deniz Suyu Örneklerinin Kirlilik İndikatörü Bakteriler Yönünden İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 2 ss.
- Koçak, G.N., ve Eryılmaz, G., 2018. Rekreasyon Araştırmaları İçin Temel Bir Araştırma Yapısı ve Ölçek Önerisi, *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(2).
- Kozak, S., Petterson, S., McAlister, T., Jennison, I., Bagraith, S. ve Roiko, A. 2020. Utility of QMRA to compare health risks associated with alternative urban sewer overflow management strategies. *Journal of environmental management*, 262, 110309.
- Krippenderf, K., 1994. *The Holiday Makers, Understanding the Impact of Leisure and Travel*, Oxford, Butterworth-Heinemann, p. 3.

- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D. ve Avcı, E. D. 2005. Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 19-21.
- Malthus, T.R., 2017. Nüfus İlkesi, (Çev. Ç. Taşkın), Pinhan Yayıncılık, İstanbul.
- Oğuz, H. 2001. *Boğaçayı havzasında yapılan faaliyetler sonucu Antalya körfezine taşınan kirlilik yüklerinin tespiti ve çözüm önerileri* (Master's thesis, Akdeniz Üniversitesi).
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013. Sulak Alanlar. Meriç, T. ve Çağırtkankaya, S. (Ed.). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- Ozan, B., ve Metin, K., 2006. Turizm Ekonomisi, Detay Yayıncılık, Ankara.
- Papadakis, J. A., Mavridou, A., Richardson, S. C., Lampiri, M. ve Marcelou, U. 1997. Bather-related microbial and yeast populations in sand and seawater. *Water Research*, 31(4): 799-804.
- Piggot, A. M., Klaus, J. S., Johnson, S., Phillips, M. C. ve Solo-Gabriele, H. M. 2012. Relationship between enterococcal levels and sediment biofilms at recreational beaches in South Florida. *Applied and environmental microbiology*, 78(17): 5973-5982.
- Rafiee, M., Hosseini, S. A., Gholami-Borujeni, F., Hesami Arani, M. ve Niknejad, H. 2024. Health risk assessment of swimming beaches microbial contamination: a case study-Mahmoudabad, Iran. *International Journal of Environmental Health Research*, 34(1): 355-366.
- Ramírez-Castillo, F. Y., Loera-Muro, A., Jacques, M., Garneau, P., Avelar-González, F. J., Harel, J. ve Guerrero-Barrera, A. L. 2015. Waterborne pathogens: detection methods and challenges. *Pathogens*, 4(2): 307-334.
- Regli, S., Rose, J.B., Haas, C.N., Gerba, C.P. 1991. Modeling the risk from Giardia and viruses in drinking water. *J Am Water Works Assoc.* 83(11): 76–84.
- Resmi Gazete, 1983. 11.08.1983 tarih ve 18132 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 09.08.1983 kabul tarihli 2872 sayılı “Çevre Kanunu”.
- Resmi Gazete, 1990. 17.04.1990 tarih ve 20495 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 04.04.1990 kabul tarihli 3621 sayılı “Kıyı Kanunu”.
- Resmi Gazete, 2004. 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği İdari Usuller Tebliği”.
- Resmi Gazete, 2004b. 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”.
- Resmi Gazete, 2005. 11.03.2005 tarih ve 25752 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 03.03.2005 kabul tarihli 5312 sayılı “Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun”.
- Resmi Gazete, 2005. 20.11.2005 tarih ve 25999 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik”.

- Resmi Gazete, 2005. 26.11.2005 tarih ve 26005 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği*”.
- Resmi Gazete, 2006. 08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği*”.
- Resmi Gazete, 2006. 09.01.2006 tarih ve 26048 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği*”.
- Resmi Gazete, 2006. 21.11.2006 tarih ve 26326 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanunun Uygulama Yönetmeliği*”.
- Resmi Gazete, 2007. 10.02.2007 tarih ve 26430 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Risk Değerlendirmesi ve Acil Müdahale Planlarını Hazırlayacak Kurum/Kuruluşların Asgari Özelliklerine Dair Tebliği*”.
- Resmi Gazete, 2009. 05.06.2009 tarih ve 27249 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Çerçevesinde Uygulanacak Ücretler ve Esaslar Hakkında Tebliğ*”.
- Resmi Gazete, 2009. 10.10.2009 tarih ve 27372 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma Ve Analiz Metodları Tebliği*”.
- Resmi Gazete, 2012. 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “*Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği*”.
- Roser, D. J., Van Den Akker, B., Boase, S., Haas, C. N., Ashbolt, N. J. ve Rice, S. A. 2015. Dose–response algorithms for water-borne *Pseudomonas aeruginosa* folliculitis. *Epidemiology & Infection*, 143(7): 1524-1537.
- Schets, F. M., Schijven, J. F., ve de Roda Husman, A. M. 2011. Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. *Water research*, 45(7): 2392-2400.
- Shibata, T. ve Solo-Gabriele, H. M. 2012. Quantitative microbial risk assessment of human illness from exposure to marine beach sand. *Environmental science & technology*, 46(5): 2799-2805.
- Soller, J. A., Eftim, S., Wade, T. J., Ichida, A. M., Clancy, J. L., Johnson, T. B. ve Ravenscroft, J. E. 2016. Use of quantitative microbial risk assessment to improve interpretation of a recreational water epidemiological study. *Microbial Risk Analysis*, 1, 2-11.
- Soller, J. A., Schoen, M., Steele, J. A., Griffith, J. F. ve Schiff, K. C. 2017. Incidence of gastrointestinal illness following wet weather recreational exposures: Harmonization of quantitative microbial risk assessment with an epidemiologic investigation of surfers. *Water Research*, 121, 280-289
- Tan, M. 2023. Kentsel Bir Plajın Rekreasyon Alanlarında Ziyaretçi Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi ve Lac Modelinin Uygulanması. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

- TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Antalya Büyükşehir Belediyesi Boğaçay Projesi Değerlendirme Raporu [2018] Yayın Numrası: 139.
- Tolouei, S., Dewey, R., Snodgrass, W. J., Edge, T. A., Andrews, R. C., Taghipour, M. ve Dorner, S. 2019. Assessing microbial risk through event-based pathogen loading and hydrodynamic modelling. *Science of The Total Environment*, 693, 133-567.
- Trtanj, J.M., Jantarasami, L., Brunkard, J., Collier, T., Jacobs, J., Lipp, E.K., McLellan, S.L., Moore, S., Pearl, H.W., Ravenscroft, J., Sengco, M., Thurston, J., 2016. Ch. 6: Climate impacts on water-related illness. In: *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. US Global Change Research Program, Washington, DC, pp. 157–188.
- US EPA. 2010. Quantitative microbial risk assessment to estimate illness in freshwater impacted by agricultural animal sources of fecal contamination.
- Valério, E., Santos, M. L., Teixeira, P., Matias, R., Mendonça, J., Ahmed, W. ve Brandão, J. 2022. Microbial source tracking as a method of determination of beach sand contamination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13): 7934.
- Verani, M., Federigi, I., Donzelli, G., Cioni, L. ve Carducci, A. 2019. Human adenoviruses as waterborne index pathogens and their use for Quantitative Microbial Risk Assessment. *Science of the total environment*, 651, 1469-1475.
- Vergara, G. G. R. V., Rose, J. B. ve Gin, K. Y. H. 2016. Risk assessment of noroviruses and human adenoviruses in recreational surface waters. *Water Research*, 103, 276-282.
- Yenilmez, F., 2022. Water Quality Evaluation Based On The Water Quality Index Method In Karacaoren-Iı Dam Lake. *Fresenius Environmental Bulletin* , vol.31, no.8A, 8399-8403.
- Wade, T. J., Calderon, R. İ., Sams, E., Beach, M., Brenner, K. P., Williams, A. H., ve Dufour, A. P., 2006. Rapidly Measured Indicators of Recreational Water Quality are Predictive of Swimming-Associated Gastrointestinal Illness. *Environmental Health Perspectives*, 114, 24–28.
- Wang, X. ve Dong, S. 2020. Assessment of exposure of children swimmers to trihalomethanes in an indoor swimming pool. *Journal of Water and Health*, 18(4): 533-544.
- Westcot, D. W. 1997. Quality control of wastewater for irrigated crop production.
- Whitman, R. L., Harwood, V. J., Edge, T. A., Nevers, M. B., Byappanahalli, M., Vijayavel, K. ve Solo-Gabriele, H. M. 2014. Microbes in beach sands: integrating environment, ecology and public health. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 13, 329-368.
- WHO 2016 Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management. World Health Organization (WHO), Geneva, Switze
- Wong, M., Kumar, L., Jenkins, T. M., Xagorarakı, I., Phanikumar, M. S. ve Rose, J. B. 2009. Evaluation of public health risks at recreational beaches in Lake Michigan via detection of enteric viruses and a human-specific bacteriological marker. *Water research*, 43(4): 1137-1149.

World Health Organization, (WHO), 1983. Guidelines for drinking water quality. Second Ed. Vol I. Genova



ÖZGEÇMİŞ

NAZİF ULUKAN ŞİMŞEK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-	Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Selçuk Üniversitesi
2013-2018	Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Çevre Mühendisi	Antalya Büyükşehir Belediyesi Çevre Sağlığı Şube Müdürlüğü
2022-Devam Ediyor	

ESERLER

-Tan, M., İçemer, G. ve Şimşek, N. U. 2021. Kent Plajlarında Deniz Suyu ve Plaj Kumuna Covid 19 Pandemi Etkisinin Değerlendirilmesi. 14. Ulusal 2. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi 2021, İklim Krizi ve Çevre Politikaları (pp.397-399). Ankara, Turkey