

# SUALTI ARKEOLOJİK KÜLTÜR VARLIKLARININ IN SITU KORUMA YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

## EVALUATION OF IN SITU PRESERVATION TECHNIQUES OF UNDERWATER ARCHAEOLOGICAL CULTURAL HERITAGE

**Arş. Gör. Hiranur GÜLTEKİN**

Ankara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi,  
Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü  
hgultekin@ankara.edu.tr

ORCID ID: 0000-0001-9546-4251

**Doç. Dr. Namık KILIÇ**

İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi,  
Kültür Varlıkları Koruma ve Onarımı Bölümü  
namik.kilic@istanbul.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-6353-6916

MAKALE GELİŞ TARIHI: 14 Ekim 2023 • YAYIMA KABUL TARIHI: 12 Aralık 2023

### Öz

Sualtı kültür varlıklarının in situ olarak korunması, 2001 yılından beri uluslararası projeler kapsamında etkileri değerlendirilen bir çalışma alanıdır. 2001 yılında kabul edilen, UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)'nun uluslararası 'Sualtı Kültür Mirasının Korunması Sözleşmesi'nde in situ koruma yönteminin tercih edilmesi gereken ilk yöntem olması gerektiği yönünde öneriler bulunmaktadır. Saltında in situ koruma yapılmasına karar verildiğinde; sit alanında kültür varlıkları üzerinde etkili olan fiziksel, kimyasal, biyolojik çevresel risk unsurları ile alanda etkili olan insan kaynaklı risk faktörleri, koruma yönteminin seçiminde önem taşımaktadır. Farklı çevresel koşullar farklı koruma yöntemlerinin korunmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada; denizel ortamda kültür varlıkları üzerinde etkili olan fiziksel, kimyasal, biyolojik ve insan kaynaklı risk faktörleri incelenmiştir. Risk faktörlerine karşı in situ korumada kullanılan ve uluslararası projeler ile etkinlikleri test edilen yöntemler incelenmiştir. Türkiye'de in situ koruma çalışmaları yapan ya da yapacak olan uzmanlar için farklı in situ koruma yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarını içeren bir kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sualtı kültür varlıkları, in situ koruma, önleyici koruma, bozulma faktörleri, arkeolojik kültürel miras.

### Abstract

In situ conservation of underwater cultural heritage is a field of study whose effects have been evaluated within the scope of international projects since 2001. Adopted in 2001, UNESCO's (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) international 'Convention on the Protection of Underwater Cultural Heritage' recommends that in situ conservation should be the first method to be preferred. When it is decided to carry out in situ conservation underwater, the physical, chemical, biological environmental risk factors that are effective on cultural heritage in the preservation area and the human-induced risk factors that are effective in the area are important in the selection of the conservation method. Different environmental conditions require different conservation methods. In this study; physical, chemical, biological and anthropogenic risk factors affecting cultural heritage in the marine environment were examined. The conservation methods used in in situ conservation against these risk factors and their effectiveness tested by international projects were examined. Thus, it is aimed to create a resource for experts who are doing or will do in situ conservation studies in Turkey.

**Key Words:** Underwater cultural heritage, in situ conservation, preventive conservation, deterioration factors, archaeological heritage.

## I. Giriş

Sualtı kültür varlıkları; ilk kez 1990 yılında yayınlanan “Arkeolojik Mirasın Korunması ve Yönetimi” konulu tüzüğe ek olarak 1996’da yürürlüğe giren ICOMOS (*International Council on Monuments and Sites- Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi*) “Sualtı Kültür Mirasının Korunması ve Yönetimi ile İlgili Tüzük” ile tanımlanmıştır. Bu metne göre; “Sualtında kalmış yerleşme ve yapılar, batık alanları, batıklar ve bunların arkeolojik içerikleri” sualtı kültür varlığı olarak kabul edilir (ICOMOS, 1996: 1). UNESCO’nun açıklamasına göre ise bir eserin sualtı kültür varlığı sayılabilmesi için en az yüz sene sualtında kalmış olması gerekmektedir (UNESCO, 2001, s.2).

Bir kültür varlığının ya da sit alanının *in situ* yani yerinde korunması; arkeolojik kazı ve analiz yöntemlerinin zamanla gelişmesi nedeniyle gelecek kuşakların daha doğru verilere ulaşma olasılığı nedeniyle tercih edilmelidir (Manders, 2008, s.31-41). Arkeolojik kazı çalışmaları sırasında kültür varlıklarının denge durumunun bozulması, bozulma süreçlerinin de hızla ilerlemesine neden olmaktadır. Böyle bir durumun engellenebilmesi için toprak altı buluntuların laboratuvar ortamına taşınması sırasında koruma ve onarım uzmanının aktif rol alması gerekmektedir (Yılmaz ve Şener, 2019, s.431-439). Sualtı ortamında, kültür varlıklarının denge durumunun çevresel faktörler ya da insan etkisiyle bozulması hem bozulma süreçlerini hızlandırmakta hem de arkeolojik verinin kaybına neden olmaktadır. Ayrıca *in situ* koruma ile kültür varlığının ait olduğu ortamda gözlemlenmesi mümkün olmaktadır. Bazı durumlarda kültür varlığının korunabilmesi için alan ziyarete tamamen kapatılabilir. Böyle bir duruma örnek olarak Lascaux’daki duvar resimlerini içeren mağaraların kamuya kapatılması ve sadece sınırlı sayıda araştırmacıya açılması örnek gösterilebilir (Capple, 2008, s.214-217). Bununla beraber *in situ* koruma uygulamaları; pahalıdır, çevresel unsurlar ve insan kaynaklı faktörünün yaratacağı bozulma çoğunlukla önceden tahmin edilemez. Bu nedenle, yapılan koruma uygulamalarının kültür varlıklarında değişime yani bozulmalara neden olup olmayacağı önceden tahmin edilememektedir. Günümüze kadar sualtı kültür varlıkları özelinde yapılan *in situ* koruma uygulamaları nispeten yenidir. Bu da koruma uzmanlarının uygulama sonuçlarını gözlemleyerek yöntemle eklemeler yapma şansını azaltmıştır (Williams, 2015, s.38-41). Bununla birlikte, yöntemle ilgili yapılan uluslararası projelerin uzun süreli analiz verileri, *in situ* koruma uygulamaları yapılan alanlardaki kültür varlıklarının bozulmalarında ilerleme olmadığını göstermektedir. Bu da uluslararası yöntemle olan güvenin artmasını sağlamıştır.

Sualtı kültür varlıklarının *in situ* korunmasında bir proje planlanırken öncelikle alanın çevre koşullarının ve eserlerin bozulma durumunun tespitinin yapılması gerekmektedir. Sualtında etkili olan ve kültür varlıklarının bozulmalarına neden

olan; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve insan kaynaklı risk faktörleri her sit alanında farklı seviyelerde etkili olmaktadır. Örneğin turizm gibi insan etkinliklerine açık olan, sığ deniz alanlarında bulunan eserlerde hem çevresel koşulları hem de insani risk faktörleri daha etkili olmaktadır. Turizm ya da sportif amaçlı dalış faaliyetlerinin olmadığı derin ve kıydan uzak sualtı alanlarında bulunan eserler hem denizel ortamdaki değişimlerden hem de insan etkinliklerinden daha az etkilenmektedir. Ayrıca kullanılacak yöntemin seçiminde de ortam şartlarının tespiti önem taşımaktadır. Örneğin eserlerin üzerinin hızlı bir şekilde sediman ile kaplanıp anaerobik ortam şartlarının oluşmasını hedefleyen yapay deniz çimi yöntemi; ince denizel sedimanlarda ve yoğun akıntılı bölgelerde etkili olmaktadır (Steyne, 2010). Büyük tortulu sedimanlara ve durağan sulara sahip denizlerde kum torbaları ile yeniden gömme gibi fiziksel bariyer oluşturmayı hedefleyen yöntemler daha etkili olmaktadır (Coroneos, 2006).

## 2. Sualtı Kültür Varlıklarının Insitu Korunmasında Risk Faktörleri

Bir sualtı sit alanında *in situ* koruma yapılmasına karar verildiğinde, doğru koruma yönteminin seçilebilmesi için öncelikle alanda etkili olan sediman ve deniz suyunun özellikleri incelenmelidir. Bu özellikler; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve insan faaliyetleri sonucu oluşan bozulmalar olmak üzere dört alt grupta incelenebilir.

### 2.1. Fiziksel Bozulmalar ve Nedenleri

Denizel ortamın fiziksel özellikleri ve eserlerin bu özelliklerden ne seviyede etkileneceği, eserlerin sualtındaki konumuna ve deniz tabanının yapısına göre değişmektedir. Örneğin; suyun mekanik hareketine bağlı olarak oluşan dalgalar, sualtında sediman erozyonuna neden olmaktadır. Erozyon ile başka bölgeden taşınan sedimanın eser üzerinde birikmesi *in situ* korumada olumlu bir etki yaratırken; koruma yapılacak alan üzerinden taşınması eserlerin açık denizin etkisine maruz kalmasına neden olmaktadır (Di Laurea, 2014, s.41-45). Denizel ortamın sualtı kültür varlıkları için önemli olan fiziksel özellikleri: sedimanın fiziksel yapısı, deniz suyunun sıcaklığı, deniz suyunun tuzluluğu, ışık ve denizel akıntılardır.

Denizel sedimanların fiziksel özellikleri, üç alt başlıkta incelenmektedir. Bunlar; sedimani oluşturan tortu tanecikleri, bu tanecikler arasındaki boşluklar yani sedimanın gözenekliliği ve tortullar ile boşlukların belirli bir sistemle birleşmesiyle oluşan sediman iskeletidir. Sedimanlar tanecik boyutuna göre sınıflanmaktadır. Tortulların tanecik boyutu büyüdükçe gözeneklilikleri de artmak-

tadır. Sediman tabakasının erozyonu sırasında büyük tanecikli tortullar, kültür varlıkları üzerinde mekanik aşınmaya neden olmaktadır. Büyük tanecik boyutuna sahip sediman, cam gibi hassas eserlerde erozyon sırasında kırılmalara, çatlamalara ve camın yüzeyinde aşınmalara neden olabilmektedir. Sediman gözenekliliğinin fazla olması ise sedimanın daha fazla su tutmasına, çözünmüş oksijen ve biyolojik içerik miktarının fazla olmasına neden olmaktadır. Tüm bu özellikler nedeniyle sualtı kültür varlıkları, *in situ* koruma sırasında sediman altına gömülerek denizel etkiden uzaklaşsalar bile bozulmaya devam etmektedir (Davidson, 2013, s.185-187; Breitzke, 2006, s.27-28; Perez-Alvoro, 2016, s.843- 845).

Denizel ortamın fiziksel özelliği olan tuzluluk bölgelere göre değişmektedir. Örneğin; tuzluluk oranı nehir kaynak noktalarında sifıra yakınken, kurak alanlarda % 40'a kadar çıkabilmektedir (Morrissey, 2012, s.67-69). Denizdeki tuzluluk; buzulların erimesine, kuraklığa, yüzey akıntılarına bağlı olarak değişmektedir (Yılmaz, 2002, s.220-221). Çözünmüş tuzlar ve su; metal eserlerde korozyonun çok hızlı oluşmasına ve ilerlemesine neden olmaktadır. Korozyon süreci metal özü tamamen yok olup eserden geriye sadece fiziksel formun öğrenilebileceği bir kalıp kalana kadar devam etmektedir (North & MacLeod, 1987, s.74-75).

Deniz suyunun sıcaklığı; kimyasal reaksiyonları hızlandırması ve biyolojik bozulma unsurlarının aktivasyonunu artırması nedeniyle *in situ* korumada önemli rol oynamaktadır. Organik kültür varlıkları; üzerleri koruyucu sediman tabakaları ile kaplanmazsa hızlı bir şekilde biyolojik unsurlar tarafından parçalanmaktadır. Bu canlıların yaşamsal döngülerini sürdürebilmeleri için belirli sıcaklık ve tuzluluk değerleri gerekmektedir. Örneğin; bir ahşap yiyici türü olan *Limnoria* 20- 25°C sıcaklığa ve 30 PSU tuzluluk seviyesine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle Türkiye gibi yüksek ortalama denizel sıcaklık değerlerine sahip ülkelerde görülme ihtimali daha soğuk iklime sahip ülkelere kıyasla daha fazladır (Borges, et al. 2014, s.1-9).

Işık; hayvanların ve bitkilerin biyolojik faaliyetleri sırasında enerji üretimi için gereklidir. Denizlerden suya giren ışık enerjisinin emilimi; deniz suyunun optik özelliklerine ve ışığın yayılım özelliğine göre değişmektedir. Suyun biyolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri de ışık enerjisinin emilim miktarını değiştirebilmektedir. Örneğin; planktonlar gibi organizmalar, su renginin kahverengi ya da yeşil gibi görünmesine neden olabilirken, suda asılı halde bulunan parçacıklar ışığın derinlere inmesini engellemektedir. Bu da biyolojik organizmaların derin denizlerdeki aktivasyonunu yavaşlatmaktadır (Geldiay ve Kocataş, 2014, s.55). Sualtındaki kültür varlıklarına ışığın etkisi *in situ* korumada doğrudan değil dolaylı yoldan olmaktadır. Işık; kazı sonrası özellikle doğal ışıkla doğrudan temaslarda ani kurumalara, renk değişimlerine ve bezeme pigmentlerinde solmalara

neden olmaktadır. Sualtında meydana gelen bozulmalar ışık kaynaklı değildir fakat ışık bir enerji kaynağı olarak sualtı ekosisteminde özellikle biyolojik bozulma unsurlarının aktivasyonunu hızlandırmaktadır

Sualtı sit alanlarının oluşum süreci; sedimanla kaplanma, deniz suyunun özellikleri, organik-inorganik kültür varlıklarının birbiriyle etkileşimini içeren değişken bir süreçtir. Bu süreç; sualtı çevre koşullarında, akıntıların ve dalgaların oluşturduğu enerjiyi de kapsamaktadır. Akıntıların şiddeti hidrodinamik enerji ile alakalıdır ve bu enerji; fırtınalar, hortumlar gibi doğal felaketler nedeniyle artmaktadır. Akıntıların meydana getirdiği sediman birikimi *in situ* korumada olumlu bir etki yaratırken, sediman erozyonu olumsuz etki yaratmaktadır. Bunun nedeni; üzeri sediman ile kaplanan alanlarda, kültür varlıklarının bozulma süreçlerinin yavaşlamasıdır. Üzeri sediman ile kaplı olan alanlar, denizin dalga ve akıntıları nedeniyle, zamanla sediman erozyonuna maruz kalabilmektedir. Böyle bir durumda sualtı kültür varlıkları biyolojik saldırılara da açık hale gelmektedir. Sediman tabakasında büyük ve sert tanecikli tortuların erozyonu; kültür varlıkları üzerinde mekanik aşınmaya ve kültür varlığının deniz tabanında yer değiştirerek, alanın anlaşılmasını zorlaştıracak oyuklar oluşmasına da neden olmaktadır (Quinn, 2006, s.1419-1432; Di Laurea, 2014, s.41-43).

## 2.2. Kimyasal Bozulmalar ve Nedenleri

Denizel ortamın kimyasal özelliklerini; deniz suyunun çözünmüş gaz içeriği ve türü, pH'ı, Eh'ı ile sediman tortularının kimyasal içeriği oluşturmaktadır. Atmosferde bulunan gazlar, suda çözünerek dalga hareketleri ile deniz suyunda yayılmakta ya da denizel canlıların yaşamsal faaliyetleri ile suya karışmaktadır (Geldiay ve Koçtaş, 2014, s.7; Kocabaş, 1997, s.7). Çözünmüş gazlar; deniz suyunun diğer özelliklerine etki ederek değişimlere neden olmaktadır. Örneğin; karbondioksit suyun asiditesini yani pH seviyesini değiştirerek alkaliliği düzenlemektedir. Suda çözünmüş karbondioksit seviyesinin yoğunluğu, çözünmüş oksijen seviyesini düşürdüğünden organik kültür varlıklarının bozulma süreçlerini yavaşlatmaktadır (Florian, 1987, s.6). Deniz suyunun çözünmüş oksijen seviyesi *in situ* koruma uygulamaları için dikkat edilmesi gereken bir unsurdur. Oksidasyon, metal eserlerin hızla korozyona uğramasına neden olurken; yüksek çözünmüş oksijen denizel canlılarının üreme hızını arttırarak organik kültür varlıklarının bozulma süreçlerini de arttırmaktadır (Gregory, 1998, s.344- 345; Crony, 1990, s.166-168).

Deniz suyunun asiditesi (pH) sualtı kültür varlıklarının bozulmasında etkili olmaktadır. Çözünmüş gazların asiditeyi etkilemesi gibi sualtında denizel bitkilerin kalıntılarında oluşan humus, sedimanı oluşturan tortuların kimyasal

içerikleri de denizde pH seviyesini değiştirmektedir. Organik kültür varlıklarının bozulma nedenlerinden olan asit hidrolizi deniz suyunun pH'ına bağlıdır. Asit hidrolizi, pH'ı 7'den düşük yani asidik ortamlarda daha hızlı olmaktadır. Örneğin; deri eserler sualtında hidrolize uğradıklarında kimyasal olarak değişmektedir. Derinin yapısında bulunan kolajen, hidroliz sonunda jelatine dönüşmekte, bunun sonunda derinin yapısı yumuşak bir hal almaktadır. Fiziksel yapıda oluşan bu değişim de derinin sediman hareketleri gibi fiziksel etkilere karşı daha dayanıksız olmasına neden olmaktadır (Florian, 1987, s.111-112). Dolayısıyla denizel ortamın kimyasal özellikleri sonucu oluşan bozulmalar, denizel ortamın fiziksel özellikleriyle birleşerek kültür varlıklarında bozulmalar meydana getirmektedir.

Bir malzemedeki elektron kaybetme ya da kazanma, yani oksidasyon veya yükseltgenme reaksiyonlarının olabilmesi için gereken enerji miktarını ifade eden redox potansiyeli (Eh); deniz suyunda genel olarak 0 ila +0,25 V arasında değişmektedir (Florian, 1987, s.7). Eh; sediman tabakasına tamamen gömülmüş, oksijen oranı az ortamlarda bile metallerde asidite ile korozyonun meydana gelmesine neden olmaktadır. Redox potansiyelinin düşük olduğu ortamlarda metallere denge durumunda kabul edilmektedir (Crony, 1990: 168-169). Eh-pH ilişkisi; deniz suyundaki kültür varlıklarının oksidasyona uğrama ve kayaçların çözünme oranlarını değiştirmektedir. Bununla birlikte denizel ortamda Eh-pH'in stabil olmadığı, yeraltı sularının ve atmosferle temas eden su yüzeyinden çözünebilir gazların suya karışması gibi etkenlere bağlı olarak değişebildiği unutulmamalıdır (Macpherson & Townsend, 1998, s.121).

### 2.3. Biyolojik Bozulmalar ve Nedenleri

Denizel ekosistemin makro ve/veya mikro biyolojik unsurları sualtı kültür varlıklarının *in situ* korunması sırasında bozulmayaratan unsurlardandır. Türkiye'nin karasularında etkili olan makro biyolojik bozulma unsurları; *Posedonia oenica*, *Teredo navalis*, *Assellus* ve *Limnoria*'dır. Bunlardan ilki olan *Posedonia oenica*, deniz çimi olarak da bilinmektedir. Özellikle Ege ve Akdeniz kıyılarındaki sit alanlarında sıklıkla karşılaşılmaktadır. *Teredo navalis* Karadeniz'den Akdeniz'in doğusuna hemen her bölgede karşılaşılan, deniz kurdu olarak da bilinen bir ahşap yiyici türüdür. *Limnoria*, yüksek sıcaklığı daha çok seven bir ahşap yiyici türü olarak daha çok Akdeniz kıyılarında görülmektedir. *Assellus* ise aslen bir tatlı su canlısı olduğu halde Akdeniz'in kıyılarında da varlığı tespit edilmiştir (Kırkım ve diğerleri, 2006, s.363; Kırkım ve diğerleri, 2017, s.248; Can ve Sivrikaya, 2020, s.4271-4281).

Fitobentos, yani denizel bitki grubuna ait bir tür olan *Posedonia oenica*; *in situ* korumada olumlu sayılabilecek özellikler gösteren bir biyolojik unsurdur. Vot-

ruba ve Artzy'nin ayrıntılı çalışması *Posedonia ocanica*'nın deniz tabanındaki yerleşimini ve bunların kütür varlıkları içeren katmanlar üzerindeki etkisini ayrıntılı bir şekilde açıklamıştır (Votruba et al. 2016, s.671-683). *Posedonia ocanica*'nın koruma açısından en önemli özelliği, ölü köklerin sedimanda kalıp yeni neslin bu kökler üzerinde üremesiyle, sedimanda anoksik ortam oluşturmasıdır. Kök yapıları çok sağlam olduğu için kazılar sırasında bazen deniz tabanından çıkartılırken içinde bulunan kütür varlıkları zarar görebilmektedir. Bitkinin fotosentez yapan yeşil yaprak kısmı, dalgaların etkisi ile bir sediman kapanı gibi hareket ederek tabanda bulunan kütür varlıklarının üzerinin hızlı bir şekilde, kaplanmasını sağlamaktadır (Krause-Jensen et al. 2019, s.325-335).

Deniz kurdu olarak da bilinen *Teredo navalis*, çift kabuklu yumuşakçalar ailesinden Teredinidae grubunun en yaygın türüdür ve antik çağlardan beri varlığı bilinmektedir. Oksijen bakımından zengin 11 °C'den sıcak, 8 PSU tuzluluktaki sularda hızlı bir şekilde üreyen bu canlı, larva evresinde iken yüzemediğinden yakınında bir ahşap kaynağı yok ise varlığını sürdürememektedir. Yaşamsal faaliyetleri sonucu ahşap kütür varlıklarının içinde birbirine paralel, tüp formu, kalker içerikli kalıntılar bırakan bu canlı; yetişkinliklerinde 40 cm'ye kadar büyüebilmektedir (Pournou, 2020, s.261-268; Grave, 1928, s.260-262). Ahşabın mikrobiyolojik saldırılar sonucu yumuşayan yüzeyinden içeri girerek hızla ilerlemekte salgıladığı enzimlerle ahşap yapısında bulunan selülozu parçalamaktadır. Canlının, üzeri sediman ile kaplı olmayan kütür varlıklarını iki yıl gibi kısa bir sürede tamamen yok edebildiği Türkiye'de de yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Varinlioğlu, 2020, s.74-86). Bununla birlikte, bazı durumlarda sediman tabakasına gömülü olmasa da ahşapların *Teredo navalis* saldırılarından korunabildiği gözlenmiştir. Bu duruma ahşap içindeki selüloz oranının azlığının neden olduğu düşünülmektedir (Eriksen et al. 2015, s.9-15). İstanbul'da Bizans dönemine ait gemilerden oluşan Yenikapı Batıkları'na ait gemilerin ahşap elamanları da *Teredo navalis* saldırılarına maruz kalmıştır. Gemilerin üzerinin batıktan sonra hızlı bir şekilde alüvyonlarla kaplanması oluşan anaerobik ortam sayesinde biyolojik bozulmaların yavaşlamasını, gemilerin iyi korunmuş durumda ele geçmesini sağlamıştır (Türkmenoğlu, 2021, s.557-574).

*Limnoria*'nın, tanımlanmış 59 türünden 31 tanesi ahşap yiyici olarak sualtı kütür varlıklarının bozulmasına neden olmaktadır. Canlı, yaşamsal faaliyetlerinin devamı için 20-25 °C sıcaklığa ve 30 PSU tuzluluğa ihtiyaç duymaktadır. Ortam şartları yeterliyse yılda üç kere kuluçkaya yatabildiğinden çok hızlı çoğalmaktadır. *Teredo navalis*'den farklı olarak *Limnoria*, ahşabın yüzeyini parçalayarak ilerlemektedir (Pournou, 2020, s.199-201; Borges, Marckelbacg ve Cragg, 2014, s.1-9). Halk arasında tespah böceği olarak bilinen *Asellus* ise aslında bir tatlı su canlısıdır. Kütür varlıklarının *ex situ* koruma işlemlerinin yapıldığı tanklarda hızla üreyen bu canlı Akdeniz'de tuzlu su ortamında da görülmüştür (Kılıç, 2017: 48-49, Simčić & Brancelj, 2006, s.688-692).

Mikro organizmalar da sualtı kültür varlıklarının *in situ* korunmasında biyolojik risk oluşturmaktadır. Bu canlılar kara kazılarında sağlam ele geçmeyip sualtı kazılarında sağlam ele geçtiği için arkeolojik olarak büyük önem taşıyan suya doymuş ahşap kültür varlıkları için tehdit oluşturmaktadır. İnce taneli sedimanlara gömülü olan kültür varlıklarında bu organizmaların yaşamsal faaliyetleri yavaşlamakta ya da durmaktadır. Örneğin; erozyon bakterisi 10 cm'den daha derin sedimana gömülü olan suya doymuş ahşap eserde varlığını sürdüremektedir (Björdal, 2012, s.134-136). Tünel bakterisi gibi bazı türler hem karada hem sualtında ahşap kültür varlığını tahrip etmektedir. Tünel bakterisinin ahşap hücre çeperlerinden içeri hareketi hücre direncini azaltmakta, hareketi sırasında kullandığı ahşap çözücü enzimler ağır metallere bağlanabilmektedir (Singh, Adya, YoonSoo Kim ve Tripti Singh, 2016, s.172-176). Sülfat indirgeyici bakteri gibi aneorobik bakteriler; 50 cm'ye kadar sedimana ömülü olan kültür varlıklarında bile etkili olabildiklerinden, *in situ* koruma yönteminin seçiminde önem taşımaktadır (Florian, 1987, s.15). Mantarlar ise 10- 40 °C sıcaklıklar arasında organik kültür varlıklarında bozulmalar yaratabilmektedir. Diğer mikrobiyolojik unsurlara göre daha düşük azota ihtiyaç duymaları nedeniyle daha derin sularda da etkili olabilmektedir (Björdal, 2012, s.134).

Biyolojik bozulma faktörleri sadece organik değil, inorganik kültür varlıkları için de risk oluşturmaktadır. İnorganik kültür varlığının yüzeyinde bir biyofilm oluşturan biyolojik bozulma unsurları; eserlerin gözeneklerine nüfuz ederek kalkerli kayaçların çözünmesine neden olmaktadır. Esere tutunurken yüzeydeki bezeme, kabarma ve pigmentleri tahrip ettikleri gibi ileri derecede olan bozulmalarda yüzeyden parça kayıplarının yaşanmasına da neden olmaktadır. Görsel olarak da eserin anlaşılmasını zorlaştırarak zamanla objenin amorf bir yapı oluşmasına ve barındırdığı yapım teknikleri gibi bilgilerin yok olmasına neden olabilmektedir (Pinna, 2021, s.2-9, Martina, 2014, s.28-29).

## 2.4. İnsan Faaliyetleri Sonucu Oluşan Bozulmalar

Sualtı kültür varlıklarının insanların doğrudan temas edebilecekleri sığ sularda bulunması ya da ekonomik faaliyetler sonucu oluşan iklim değişikliğinin etkisi, sualtı çevre şartlarında değişimler yaratarak farklı bozulma türlerinin etkisini değiştirdiğinden risk unsuru oluşturmaktadır. Dalışa yasak olmayan bölgelerde, sportif dalış etkinlikleri sırasında dalgıçlar kültür varlıklarının yerini değiştirmekte, bu hareket sırasında bazen kültür varlıklarının fiziksel olarak bozulmalarına neden olmaktadır (Cámara et al. 2017, s.109-122). Balıkçıların kullandığı troller, deniz tabanında hareket ederken sualtı kültür varlıklarının yapısal bütünlüğünü bozmakta, fiziksel bozulmalar yaratmakta ve sedimanın yer değiştirmesine neden olmaktadır (Brennan et al. 2016, s.82-88).



Ekonomik faaliyetler sonucu oluşan iklim değişikliği ve su kirliliği; sualtı kültür varlıklarının denge durumuna ulaştığı ortam şartlarında değişimler yaratarak, bozulma süreçlerine dolaylı ve daha uzun vadede etki etmektedir. Yapılan araştırmalar; iklim değişikliğine bağlı olarak yükselen su seviyesinin UNESCO tarafından tescillenmiş ve Akdeniz kıyılarında bulunan 136 arkeolojik sit alanının deniz suları altında kalacağını ortaya koymuştur (Marzeion & Levermann, 2014, s.1-7). Bu kültür varlıklarına Efes, Samos, Letoon antik kentlerinde bulunan kültür varlıkları da dâhildir. Söz konusu bölgelerde deniz seviyesinin 1,6 ila 2 m arasında yükseleceği tahmin edilmektedir (Reinmann et al. 2018, s.4161). Deniz seviyesindeki yükselme; sualtı kültür mirası üzerindeki basıncı da arttıracaktır. Buna bağlı olarak dalga ve su hareketleri ile sediman erozyonu bozulma süreçlerini hızlandıracaktır (Perez-Alvoro, 2019, s.91-104).

İklim değişikliğine bağlı olarak deniz suyunun kimyasal özelliklerinde oluşacak değişimlerden biri de deniz suyu sıcaklığının artmasıdır. Porto Rico'da yapılan bir araştırmada deniz suyunun ortalama sıcaklığının geçen yüzyıla kıyasla 1,5 °C arttığı belirlenmiştir. Gelecek 50 yılda 1 °C daha artış beklenmektedir. Porto Rico'nun sualtı kültür mirasının büyük çoğunluğunun 0-20 m derinde bulunması sıcaklık değişimlerinden doğrudan etkilenenlerini de göstermiştir (Ezcurra Paula et al.2018, s.198-209). Deniz suyunda oluşan bu artış özellikle biyolojik bozulma unsurlarının kültür varlıkları üzerindeki aktivasyonunu hızlandırmaktadır. Biyolojik bozulma unsurları bu değişime bağlı olarak daha önce yaşayıp üreyemedikleri sularda faal aktif bir şekilde kültür varlıkları için risk oluşturabilecektir.

### 3. Koruma Yöntemine Karar Vermek

Koruma yöntemine karar verebilmek için ortam şartlarının ayrıntılı olarak belgelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece kültür varlıkları üzerinde etkili olabilecek çevresel risk faktörleri değerlendirilip, çalışma alanı için en uygun koruma tekniği seçilebilecektir. Sedimanın tanecik boyutu ve gözenekliliği gibi fiziksel özelliklerinin ölçülmesi, koruma yönteminin seçilmesi ve etkinliğinin tespitinde de önem taşımaktadır. Örneğin; ince taneli ve suyun hareketleri ile kolaylıkla biriken ya da erozyona uğrayan sedimanlarda sediman kapanı olarak işlev gören yapay deniz çimi gibi koruma yöntemlerinin kullanılması tercih edilmektedir. Bu malzemelerin uygulama sonrası yeterlilikleri de sediman erozyonu modellemesi ile önceden tahmin edilebilmektedir (Baeye& Demerre, 2000, s.56-58).

Kimyasal analizler sedimanın; organik depozit içeriği, çözünmüş sülfat, sülfat, oksijen ve benzeri gazların oranını ortaya çıkartabilmektedir. Sedimanın bu

özellikleri, yukarıda bahsedilen kimyasal ve biyolojik risk unsurlarını barındırmaktadır. Örneğin; sedimandaki çözünmüş oksijen oranının yüksekliği, mikro-biyolojik organizmaların yaşamsal faaliyetleri için gerekli olduğundan, sediman altına gömülü olsalar bile ahşap kültür varlıklarının ileri derecede bozulmasına neden olmaktadır. *Ex situ* sediman analizlerinde; hangi katmanda organik kalıntı yoğunluğu olduğu, kültür varlığı birikiminin derinliği, tortul tabakasının fiziksel özelliklerinin katmanlardaki değişimi gibi bilgilere ulaşılabilmektedir (Gregory, 2020, s.846).

*In situ* ölçüm yapabilen kayıt cihazları da (*datalogger*) hem koruma yönteminin uygulanması öncesinde alanın özelliklerinin ayrıntılı belgelenebilmesi hem de uygulama sonrasındaki düzenli kontrollerin yapılabilmesinde kullanılmaktadır. *In situ* analiz cihazları, alanda incelenmesi istenilen ortam koşullarına göre farklı verileri ölçebilmektedir. Bu cihazlar çoğunlukla koruma uzmanlarının analiz etmesi gereken farklı parametreler göz önünde bulundurularak, *in situ* koruma projeleri kapsamında proje ekipleri tarafından üretilmektedir. Her sit alanı farklı çevre koşullarına sahip olduğundan, kullanılacak kayıt cihazının niteliği de koruma uzmanları tarafından belirlenmektedir. *Ex situ* sediman analizi, yani sedimanten örnek alınarak yapılan analizler ise tortunun mineralojik birleşimi, tortulların kimyasal içeriği ve tanecik boyutu gibi özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Gregory, 2020, s.839- 844).

Sediman için yapılan bir diğer analiz, erozyon modellemesidir. Sit alanının oluşum sürecinin de anlaşılmasına yardımcı olan bu analiz, özel bilgisayar/laboratuvar ekipmanları ve uzmanları ile çalışılmasını gerektirmektedir. Uzun süreli planlanacak koruma uygulamalarında, sediman tabakasının hareket düzeninin tespiti ve doğru koruma yönteminin seçilmesi için oldukça önemli rol oynamaktadır. Planlamada bütçe oluşturulabilmesi için seçilen yöntemin uygulanması sırasında ne kadar malzeme gerekeceği, yine sedimanın hareket düzenine göre değişmektedir. Sediman hareket modellemesi; akıntı ve dalga modellemeleri ile eş zamanlı yapıldığından çok geniş alanlarda birden çok bozulma faktörünün tespitini sağlamaktadır (Dix et al. 2000, s.48- 50).

Kültür varlıklarını çevreleyen suyun analizi, sürekli değişim halinde ve bölgesel olarak farklı özelliklere sahip olması nedeniyle, koruma uygulamasına karar verme aşamasında önem taşımaktadır. *In situ* analizlerde suyun; pH'ı, Eh'i, tuzluluğu, sıcaklığı, türbiditesi, çözünmüş gaz oranı ve akıntıları analiz edilmektedir. Bünyesinde bulunan sensörler ile anlık ölçüm yapabilen cihazlar, koruması yapılan alanın farklı bölgelerinde ve farklı derinliklerde olacak şekilde deniz tabanına sabitlenmektedir. Ölçümler istenilen aralıklarla kayıt altına alınıp karşılaştırılmakta, böylece alandaki deniz suyunun mevsimsel değişimleri de incelenmektedir. Sonuçlar bir grafik haline getirildiğinde; normalden farklı olan

ölçümler dikkat çekmektedir. Bu da alana etki eden ve öngörülememiş risk faktörlerinin tespitini sağlamaktadır (Brennan et al. 2016).

Seçilen *in situ* koruma yönteminin uygulaması sonrasında da yöntemin başarısını ölçebilmek amacıyla alandaki kültür varlıklarından analizler yapılması gerekmektedir. Bazı durumlarda bu analizlerin yapılması alanın denge durumunun bozulmasına neden olacağından farklı yöntemler denenmektedir. Örneğin; yeniden gömme yönteminde, ahşap kültür varlıklarında periyodik analizlerle gözlem yapılması oldukça zordur. Bunun nedeni; yeniden gömme öncesi zaten bozulmaya uğramış olan ahşabın kendine özgü özelliklerinin ne kadar değiştiğinin görsel analizlerle anlaşılabilmesidir. Ahşap kültür varlıklarından sıklıkla örnek alınamayacağı durumlarda orijinal objenin yanına modern bir ahşap parçası konulması ve bu parçanın ışık mikroskobu analizi ile bozulma türü ve derecesinin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Arkeolojik ahşap ve modern ahşap arasında yıllarca sualtı ortamına maruz kalmanın getirmiş olduğu kimyasal farklılıklar oluşmaktadır. Yöntem, basit ve ucuz olması ve de orijinal ahşap eserden sürekli örnek alınmasını engellemesi nedeniyle tercih edilmektedir (Björdal & Nilsson, 2007, s.870; Komorowicz et al. 2018, s.40- 50).

#### 4. In situ Koruma Yöntemleri

Sualtı kültür varlıklarının *in situ* koruması; bir kısmının buldukları alandan uzaklaştırılmış ve/veya kazılmış olmasına bakılmaksızın, orijinal bağlamın korunabilmesi için planlanan yöntemlerdendir. Eserler üzerinde temas edilmeden yapılan belgeleme çalışmaları ile ortam şartlarının değişimi düzenli aralıklarla gözlemlenmektedir. Türkiye gibi çok fazla sualtı kültür varlığına sahip olan ülkelerde; arkeolojik veri içeren alanların tamamının kazılması, kültür varlıklarının sualtından çıkarılması, sergilenmesi ya da depolanması hem çok uzun yıllar süreceği hem de maliyeti yüksek olacağı için *in situ* koruma yöntemi özellikle düşünülmeye gereken bir koruma tekniği olmuştur. Alanın yasalarla korunması; insan kaynaklı bozulmaların önüne geçilmesi için önem taşımaktadır. *In situ* belgeleme teknikleri kullanılarak, sit alanındaki kültür varlıklarının; bozulma durumlarının, ortam şartlarının, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ayrıntılı şekilde kayıt altına alınması gerekmektedir. 2001 yılında yayınlanan UNESCO Sualtı Kültürel Mirasının Korunması Sözleşmesi'nde sualtı kültür varlıklarının koruma planlamalarında tercih edilmesi gereken ilk seçeneğin *in situ* koruma yöntemi olması yönündeki tavsiyesi de yıllarda bu yöntemin daha çok tercih edilmesine neden olmuştur (Bathencourt et al. 2018, s.99-100).

#### 4.1 Yerinde Sergi

Yerinde koruma ve sergi; Türkiye gibi çok fazla kültür varlığına sahip olan, bu nedenle de maliyetli koruma uygulamalarının tercih edilemediği ülkelerde; sualtı kültür varlıklarının tespitinin yapılması, düzenli gözlem altında tutularak kamu bilincinin oluşturulması amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin bir sonucu olarak, sualtı kültür varlıklarının *in situ* onarımı ve sergilenmesi amacı ile ortaya çıkan sualtı müzeleri, iki farklı biçimde planlanmaktadır. Bunlar; dalgıçların fiziki olarak alana ziyaret düzenleyebildikleri arkeoparklar gibi dalışa açık müzeler ve ziyaretçilerin kültür varlıklarının 3D modellemelerini *ex situ* inceledikleri, dalışa kapalı müzelerdir. Dalgıçların alana inebildiği arkeoparklarda hem ziyaretçiler hem de çalışanların sağlığı için dalış kurallarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Alanda bulunan kültür varlıklarının; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve insan etkisinden kaynaklı bozulmalara karşı korunması sağlanmalıdır. Dalgıçların etkisiyle, bilimsel bilginin bütünlüğünün bozulmamasına özen gösterilmelidir (Davidde-Petriaggi, 2004, s. 145).

Türkiye’de Kaş Arkeoparkı, sualtı kültür varlıklarının yerinde korunması ve sergilenmesine bir örnektir. Arkeoparkın oluşturulması için modern Kaş Limanı’nın 2,5 km uzağında bulunan Hidayet Burnu’nda, MÖ 14. yy batığı olan Uluburun Gemisi’nin bir rekonstrüksiyonu, 14-21 m derinlikte kalacak şekilde batırılmıştır. Gemi, Uluburun Gemisi’nin orijinal kargosunun replikaları ile doldurulmuştur. Rekonstrüksiyon geminin batırılmasıyla birlikte, batık alanının oluşumu ve taşınabilir kültür varlıklarının sualtında bozulma süreçleri incelenmiştir. Geminin batırılışından itibaren dört ayda bir gözlem dalışları ve yılda iki kere kazı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 2007 yılında yapılan üç boyutlu taramalar ile batık alanı kullanılarak sanal sergi oluşturulmuştur. Ayrıca 2012 yılında, NAS’ın (*Nautical Archaeology Society- Deniz Arkeolojisi Derneği*) verdiği sualtı arkeoloji araştırmaları eğitimine çalışma alanı olarak da seçilmiştir (Varinlioğlu, 2020).

#### 4.2. Yeniden Gömme

Yeniden gömme yöntemi literatürde ‘*rapid reburial*’ olarak geçmektedir. Yöntem; fiziksel bariyer oluşturma yönteminden farklı olarak alan üzerinin doğal malzemeler kullanılarak tekrar kapatılmasıdır. Arkeolojik kazı yapılarak ya da suyun hareketleri ile açığa çıkan alanlarda bulunan sediman tabakasının ya da başka malzemelerin kullanılmasıyla kültür varlıklarının tekrar gömülmesi olarak tanımlanmaktadır. Yeniden gömme uygulaması; değişken ortam şartları nedeniyle kültür varlıklarını *in situ* korumada ihtiyaç duyulan sabit değerlere ulaşılamaması, alanın düzenli olarak gözlem yapılabilen kıyıya yakın kesimlerden

uzak olması durumlarında kullanılmaktadır. Ayrıca; alandaki kültür varlıklarının ileri derecede bozulmaya maruz kalmaları nedeniyle acil müdahale ihtiyacı, hali hazırda uygulanan koruma planının yeterli olmaması gibi durumlarda da tercih edilmektedir (Shefi & Veth, 2015, s.1-3).

Yeniden gömme uygulaması yapılacağı zaman sediman tabakasının özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Yüksek çözünmüş tuz içeren sediman kullanıldığında, eserlerde tuz birikimi olmakta ya da metallerin korozyon oranı yükselmektedir. Düşük ya da yüksek pH'a sahip sedimanlar; kemik ve harçların kimyasal yapısının bozulmasına ve çözünmelere neden olmaktadır. Düşük Eh, metallerin daha iyi korunmasını sağlarken; organik madde içeriği, sediman tortullarını birbirine bağlayarak çözünmüş oksijen oranını azaltmaktadır. Bu nedenlerle yeniden gömme yapılacaksa kullanılacak sediman şu özelliklere sahip olmalıdır:

- Erozyon ya da kazı öncesi sediman tabakasıyla aynı kimyasal özelliklere sahip olmalıdır. Böylece kültür varlıklarının alışkın oldukları ortam koşulları yeniden yaratılır.

- Kapatmada en üstte kullanılacak tabaka, yüzeyde oluşacak koruyucu bitki örtüsünün oluşabilmesini destekleyecek kadar organik içeriğe sahip olmalıdır. Böylece hızlı oluşan bitki örtüsü sediman erozyonunu engelleyebilir.

- Sediman, demir oksitler gibi çözünmüş tuzları içermemelidir.

- Çok yüksek ya da çok düşük pH seviyesi, kültür varlıklarının bozulma süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu nedenle; sediman bir sabitleyici gibi davranan organik içerik ve kil boyutunda tortul tanelerine sahip olmalıdır.

- Yoğun kil içeren sedimanlar; düşük çözünmüş oksijen, su, pH ve Eh içereceğinden stabil ortam koşullarını sağlayabilmektedir. Bununla birlikte bu sedimanların, yüksek erozyon riski taşıdıkları ve bazen üst katmanlarda çatlamlar oluşturarak suyun iç kısımlara geçişini kolaylaştırdığı unutulmamalıdır (Caple, 2004, s.152-163).

Yeniden gömme ve fiziksel bariyer oluşturma yöntemlerinden hangisinin uygulanacağına kullanılan malzemenin sağladığı yararlar, sınırlamalar dikkate alınarak ve ortam şartları göz önünde bulundurularak karar verilmelidir. Her yöntem, her ortam koşulunda istenilen düzeyde koruma sağlayamamaktadır. Örneğin kum ile yeniden gömme yöntemi, 10 m'den daha derin, akıntılardan etkilenmeyen durgun sularda uzun süreli koruma sağlamaktadır. Polipropilen ağlar ve yapay deniz çimi ise kum ile yeniden gömmenin aksine, sediman tuzağı olarak işlev gördüklerinden, akıntılı ve dalgalı sularda etkili olmaktadır. Dolayısıyla; polipropilen ağ ve deniz çimi sediman hareketlerini sağlayacak su hare-

ketlerinin eksikliğinde, örneğin göl sularında, istenilen düzeyde koruma sağlanamamaktadır. Manders, 2011 yılında yayınladığı çalışmasında yeniden gömme yönteminde kullanılan yöntemin avantaj ve dezavantajlarını listelemiştir (Tablo 1) (Manders, 2011, s.37-38).

Koruma Yöntemi	Avantajlar	Dezavantajlar
Kum torbalar	-Kaçakçılara karşı koruma sağlar. -Anaerobik ortam yaratabilir. -Uzun süreli koruma sağlar. -Ulaşımı kolay bir malzemedir.	-Yüksek işçilik maliyeti gerektirir. -Altında kalan kültürvarlıklarını görüntülemeye zorluk ortaya çıkarır. -Sit alanında fazladan ağırlık yaratır. -Keten gibi doğal içerikli torbalar, sualtı çevre koşullarında kolay bozulmaktadır.
Propilen ağlar	-Anoksik ortamı kolaylıkla yaratabilir. -Maliyeti düşüktür. -Yerleştirildikten sonra üstü akıntılarla kolay kapanmaktadır. -Materyalin alana yerleştirilmesi kolaydır. -Alandan kaldırılması kolaydır. -Çevrenin bir parçası olabilmektedir.	-Sadece belli ortam koşullarında kullanılabilir. -Sadece deniztabanında çok fazla çıkıntı yapmayan alanlarda kullanılabilir. -Yerleştirildikten sonra kolay zarar gördüğünden yenilenmesi gerekmektedir. -Belirli bir teknikile uygulanması gerekmektedir. -Kenarlarda güvenlik sorunu vardır. Bağlantı noktalarında zayıftır.
Jeotekstil+ kum+ kum torbalar	-Bütün yöntemlerin avantajlarından yararlanılabilir. -Güçlü bir koruma sağlar. -Anaerobik ortam yaratır. -Arkeolojik katman ve yeni sediman tabakasını birbirinden ayırır. -Katmanlar arasında organik transfer olmaz. -Gözlemek kolaydır.	-Belirli alanlar için ürettiğinden birden fazla bölgede kullanılamaz. -Uygulama maliyeti yüksektir. -Uygulama alanının çevresinde erozyon şiddetli olabilir.
Kum sediman ile kapatma (Yeniden gömme uygulaması olarak da sınıflandırılabilir)	-Düşük maliyetlidir. -Uygulama ve üretim kolaydır. -Birden fazla malzeme ile birleştirilerek kullanılabilir. -Doğal bir malzemedir.	-Ortamın fiziksel özellikleri aynı kaldığından sediman erozyonu tekrarlanmaktadır. -Kısa süreli koruma sağlamaktadır. -Kum, istenmeyen bir bölgede birikebilir. -Başka bir bölgeden alınan analiz edilmemiş kum, alandaki kültür varlıklarında istenmeyen bozulmalar meydana getirebilmektedir.
Bariyer (Konferdam)	-Güçlü bir yapıdır. -Anaerobik-anoksik ortam yaratma ihtimali vardır. -Ağırlık farklılıklarını düzenlemek kolaydır.	-Pahalıdır. -Uygulanması ve yönetimi zordur. -Kum torbalar kullanılarak oluşturulursa daha etkili olabilir. -Deniz tabanında sediman katmanında aşınma yaratabilir.
Yapay deniz çimi	-Kullanıldığında anaerobic ortam yaratmak kolaydır. -Doğal renkler kullanıldığı için doğal görünür. -Uygulama sonrası üzeri kum ile kolay kaplanır. -Uygulanması kolaydır.	-Hazır olarak satın alınırsa çok pahalıdır. -Özel olarak üretilecekse zaman ve emektir. -Çok hassastır. Yüzeyinde kolaylıkla biyolojik bozulma başlayabilir. -Ağırlık farklılıklarını düzenlemek zordur. -Matın altında, sediman katmanında aşınma olabilir.
Jeotekstil	-Ulaşımı kolaydır. -Birden farklı çeşit bulunabilir. -Teredo Navalis'e karşı koruma sağlar. -Aşınmaya karşı koruma sağlar. -Bazı türleri alanı mühürleyebilir. Yani, sediman akışını engeller.	-Pahalıdır. -Farklı ortamlarda farklı türleri kullanılması gerektiğinden, uzmanlığa ihtiyaç duyulmaktadır. -Dalga ve su hareketleri yoğunsa uygulanması zordur.

**Tablo 1:** Ortam şartları ve batık alanının durumuna göre koruma uygulamalarının etkinlik düzeyi. (+) yeterli koruma sağlayan, (++) uzun süreli daha iyi koruma sağlayan, (-) yeterli koruma sağlamayan ve (0) söz konusu durumda koruma sağlamadığı gibi zararlı da olabilen uygulamaları belirtmektedir. **Kaynak:** Manders (Ed.), 2011, s.37.

### 4.3. Fiziksel Bariyer Oluşturma

Sediman tabakasının kültür varlıklarının bozulma süreçlerini yavaşlatıcı etkisi göz önünde bulundurularak, yapay bir fiziksel bariyer oluşturarak yapılan koruma yöntemidir. Sediman tabakası; yarattığı uygun ortam koşulları ile biyolojik bozulmalara karşı koruma sağlamaktadır.

Üzerindeki sediman tabakası erozyona uğramış arkeolojik alanlarda, biyolojik ve fiziksel bozulma faktörlerinin etkinliğini azaltmanın ucuz ve basit yolu; kum torbaları ile yeniden gömme yöntemidir. Kum torbaları anaerobik ortam yaratarak denizel canlıların alandaki kültür varlıkları üzerinde bozulma yaratma riskini azaltmaktadır. Uygulama denizin sığ kesiminde bulunan kültür varlıklarının, dalga ve akıntıların etkisiyle fiziksel bozulmalarına karşı da koruma sağlamaktadır. Yapay olarak oluşturulan kum torbası katmanı zamanla sediman tuzağı halini almakta ve alanın yüzeyinin yeniden kapanmasına yardımcı olmaktadır. Alandaki sedimanlar akıntı ve su hareketlerine bağlı olarak kum torbalarının aralarında ve yüzeylerinde birikmektedir (Coroneos, 2006, s.55-57).

Fiziksel bariyer oluşturmak için kullanılan kum torbaları; pamuk malzemedен üretildiklerinde, pamuk liflerinin sualtında kısa sürede çözünmesi nedeniyle torbaların parçalanması riski bulunmaktadır. Doğal lifler kullanılarak üretilen kum torbaları parçalandığında alanın üzeri sadece torbaların içindeki kum ile kaplanmaktadır. Özellikle dalga etkisinin yüksek olduğu karaya yakın sığ sularda, oluşan bu ince kum tabakası erozyona uğramaktadır. Erozyonun sonucu olarak koruma yapılan alan da kısa sürede tekrar denizel ortama maruz kalmaktadır. Bu durumun engellenmesi için polietilen ile desteklenmiş kum torbalarının kullanılması tavsiye edilmektedir. Fiziksel bariyerin jeotekstil kullanılarak yapıldığı durumlarda; alanın üzeri çok geniş bir şekilde tek parça tekstil kullanılarak kapatılmaktadır. Jeotekstil suda yüzen bir malzeme olduğundan hem koruma yapılan alanın üzerinde hem de çevresinde bu ağırlıkların bulunması gerekmektedir. İçine kum torbaları doldurulmuş polietilen kasalar jeotekstilin hareketlerinin kısıtlanması amacıyla kullanılmaktadır (Richards, 2012, s.173-174).

Sediman tuzağı olarak kullanılan yapay deniz çimi ile kapatma, fiziksel bariyer oluşturma yönteminde uygulanan tekniklerden biridir. Tekniğin olumlu yönleri; anaerobik ortamı kolaylıkla oluşturması, uygulama kolaylığı, kurulumundan sonra insan müdahalesine gerek kalmadan işlevini yerine getirmesi ve doğal rengi sayesinde yapay bir görüntü oluşturmamasıdır. Uygulama, alandaki eserler üzerinde biyolojik risk faktörlerinin, özellikle de *Teredonavalis*'in etkinliğini engellemektedir. Olumsuz yönleri ise hazır satın alındığında pahalı olması, zamanla yüzeyinde oluşan biyofilm nedeniyle deniz tabanına çökerek işlevini kaybetmesi, üzerine binen ağırlık farklarına karşı dirençli olmaması ve

kaldırılmasının kolay olmasıdır. Kolay kaldırılabilir olduğu için yapay deniz çimi, insan etkisine karşı istenilen korumayı sağlayamamaktadır. Jeotekstil ile birleştirilerek de kullanılan yapay deniz çiminin sualtında kurulmasını kolaylaştırmak için ağır demir borular uygulama yapılacak alanın çevresine yerleştirilmektedir (Manders, 2012, s.55). Tekniğin uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır. Yapay deniz çiminin akıntılar ile taşınan sedimanı toplayabilmesi için akıntılar ve sedimanın doğal birikim yolu ile paralel olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Alana kurulum sırasında; dalgıçların akıntı yönünde ve nispeten daha az akıntının olduğu bir zaman diliminde çalışması gerekmektedir. Kurulum sonrası yapay çimin sedimanı tutabilmesi için doğal denizel bitki tabakalarıyla kaplı olmaması ve birbirlerine karışmamış olması gerekmektedir. Yapay çimin, alana 50 cm'ye kadar inen çiviler kullanılarak sabitlenmesi gerektiğinden, kültür varlığı bulunabilecek muhtemel bölge sınırının doğru hesaplanmış olması önemlidir (Manders, 2011, s.31).

Sualtı kültür varlıklarının fiziksel bariyer oluşturmak amacıyla üzerinin kaplanması sırasında kullanılan bir diğer malzeme ise polipropilen ağlardır. Polipropilen ağ gölge bezi olarak da bilinmektedir. Yapay deniz çiminden farklı olarak bu ağlar, akıntılarla birlikte hareket edebilecek şekilde gevşekçe uygulanmaktadır. Ağların örgü sıklığına bağlı olarak içeriye geçebilen sediman boyutu değişmektedir. Bu nedenle sadece koruyucu ince sediman tortullarının geçebileceği örgü sıklığında ağların tercih edilmesi önerilmektedir (Manders, 2017, s.123-125).

Fiziksel bariyer oluşturmak için kullanılan bir diğer malzeme ise metal kafeslerdir. Ucuz ve basit bir yöntem olması nedeniyle, özellikle insan etkisine açık, daha önce tarihi eser kaçakçıları tarafından tahrip edilmiş bölgelerdeki batıklar üzerinde uygulanmaktadır. Türkiye gibi çok fazla sualtı kültür varlığına sahip ülkelerde, arkeolojik önemi olan fakat *in situ* koruma için projelendirme yapılamayan bölgelerde tercih edilebilir bir uygulamadır (Khakzad ve Van Balen, 2012, s.471). Yöntemin olumsuz yönlerinden diğeri; kullanılan metalin korozyona uğraması ve üzerinin biyofilm ile kaplanması nedeniyle sıklıkla değiştirilmesinin gerekmesidir. Kafes sıklıkla değiştirilse de biyofilm ve korozyonun önüne geçilememektedir. Ayrıca tüm alanı kaplayacak kadar büyük paslanmaz çelik kafes sistemleri pahalı olduklarından tercih edilmemektedir. Bununla birlikte; kafes ile koruma yönteminde, eserlerin dalgıçlar tarafından gözlenebildiği açık alanlar yaratılmaktadır. Bu bölgelerin turizm için bir cazibe merkezi haline getirilebilir olması, toplum bilinci oluşturarak koruma sağlaması açısından yararlı olabilmektedir (Dorušić ve Čvrliak, 2019).

#### 4.4. Katodik Koruma

Katodik koruma; sualtındaki metal eserlerin *in situ* koruması için oluşturulmuş bir yöntemdir. Yöntem; galvanik piller adı verilen, birbirinden farklı korozyon



potansiyeline sahip iki metalin birbirine bağlanması, bu sayede korozyon potansiyeli yüksek olan bozulurken, diğerinin stabil kalması prensibi ile oluşturulmuştur. Fedâ edilen anot (*sacrificial anode*) olarak, genellikle alüminyum ya da çinkodan üretilen modern metal plakalar kullanılmaktadır. Yöntemin uygulanmasından sonra gözlem yapılabilmesi ve anotun objeye sabitlenebilmesi için paslanmaz çelikten üretilen 'U' biçimli kenetler kullanılmaktadır. Oluşturulan bu kenetlere sabitlenen kayıt cihazları ile metal kültür varlığının; pH, Eh ve çözünmüş oksijen oranları kayıt altına alınmaktadır (Bartuli et al. 2008, s.1-7). Bununla birlikte, sadece katodik koruma yapılan kültür varlıkları hem katodik koruma hem de yeniden gömme uygulaması yapılanlara kıyasla daha fazla risk altındadır. Bunun nedeni; metal eserlerin ortamın pH, Eh, çözünmüş oksijen seviyesi, klor içeriği gibi özelliklerindeki değişimlere, organik eserlere kıyasla daha kısa sürede tepki vermesidir. Katodik koruma bu değişimlere karşı bir mikro ortam yaratsa da yeniden gömme ile kullanıldığında yöntemin etkinliğinin artacağı düşünülmelidir (MacLeod, 2013, s.386-390).

Marmara Denizi'nde bulunan HMAS AE2 Batığı, katodik koruma yapılmış bir örnektir. Avustralya yapımı olan gemi; 1915 yılında batmış, 1995 yılında yeniden keşfedilmiş, 1998 yılında Türkiye- Avustralya ortak çalışmaları ile geminin tarihlendirmesi yapılmıştır. Orijinal konumu 55 m olan batığın, *in situ* koruma uygulamaları ve arkeolojik incelemeler için 20-25 m derinliğe çekilmesi planlanmış fakat gemide bulunan torpidoların patlama riski nedeniyle bu plan uygulanmamıştır. 2004 yılında yapılan araştırmalarda; geminin tuzluluk ve çözünmüş oksijen seviyeleri ile sedimanın; oksijen, pH ve Eh' i ölçülmüştür. Geminin yerinin tekrar değiştirilmesi sırasında torpidolarının patlama riski nedeniyle, *in situ* korumaya karar verilmiştir. 5-10 yıl süreli olması planlanan proje, demir gemi batığı üzerinde yapılan en kapsamlı uygulama olarak dikkat çekmektedir. Katodik koruma için 17 adet anot, 660 m<sup>2</sup>'lik gemi alanına yayılmıştır. Anotların kablolarını gemiye sabitlemek için bazı bölgelerde kabuk tabakası temizlenmiş ve gemi gövdesinin  $E_{corr}$  ölçümleri yapılmıştır. Yapılan son ölçümlerde, katodik koruma ile korozyon oranında % 42 düşüş sağlandığı gözlenmiştir (MacLeod, 2019, s.868-883).

## Değerlendirme

Sualtı kültür varlıklarının *in situ* koruma yöntemleri; yeniden gömme ve katodik koruma gibi sağlamlaştırma, temizlik ve onarım uygulamalarını da kapsamaktadır. *In situ* koruma; bazen sadece belgeleme ve gözleme dayalı pasif koruma yöntemlerinin, bazen de alandaki kültür varlıkları üzerinde biriken biyofilm temizlenmesi gibi onarım yöntemlerinin seçilmesini gerektirmektedir. Sediman tabakasının kültür varlıklarının bozulma süreçleri üzerindeki yavaşlatıcı etkisi göz önünde bulundurularak, doğal bir fiziksel bariyer ile koruma sağ-

ladığı bilinmektedir. Sediman tabakası erozyona uğramış arkeolojik alanlarda; biyolojik ve fiziksel bozulma faktörlerinin etkinliğini azaltmanın ucuz ve basit yolu kum torbaları ile yeniden gömme yöntemidir. Yapay olarak oluşturulan kum torbası katmanı, zamanla sediman tuzağı halini almakta ve alanın yüzeyinin yeniden kapanmasına yardımcı olmaktadır. Sediman tuzağı olarak kullanılan bir başka fiziksel bariyer oluşturma yöntemi; yapay deniz çimi kullanımınıdır. Bu yöntem özellikle *Teredo navalis* gibi makro organizma etkinliğini engellemektedir. Diğer bir yöntem aynı zamanda gölge bezi olarak bilinen propilen ağ kullanımınıdır. Bir diğer malzeme ise metal kafeslerdir. Katodik koruma sualtındaki metal eserlerin *in situ* koruması için oluşturulmuş bir yöntemdir.

Son zamanlarda kültür varlıklarının tespiti ve gözlemine dayalı yerinde koruma, sergileme yöntemi, dijital görüntüleme ile çizim ve fotogrametrik tarama çalışmaları yaygınlaşmıştır. Özellikle fotogrametrik yöntemler, alanın 3D ile kolay anlaşılması ve hızlı uygulama imkânı sunması nedeniyle önemli tercih sebebidir. 3D tarama sualtı arkeolojisinde insan kaynaklı oluşan hataları en aza indirmektedir. Bu durum derin deniz batıklarında avantaj sağlamaktadır.

## Sonuç

Sonuç raporu yayınlanarak sonlanmış projeler, nispeten sabit ortamlarda kısa süreli olarak planlanmıştır. Bu projelerin ortaya konulan çıktıları dikkat çekicidir. Örneğin Avrupa'daki farklı sualtı sit alanlarında yapılmış olan *in situ* koruma projeleri ince taneli sediman tabakasına en az 50 cm derinde kalacak şekilde gömülmüş olan kültür varlıklarında; fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulma faktörlerinin etkinliğinde yavaşlamaya neden olduğunu göstermiştir. Birbirinden farklı malzemelerden üretilmiş eserler barındıran, denizin jeolojik özellikleri ve deniz tabanındaki konumdan farklı boyutlarda etkilenen, gemi batıkları gibi karmaşık sit alanlarında bile jeotekstil+sentetikağ+kumtorbası+sediman ile gömme yöntemi ile yapılan koruma uygulamaları bozulma unsurlarının etkinliğini yavaşlatabilen ve kolaylıkla uygulanabilen bir yöntem olarak uzmanlarca tercih edilmektedir. Deniz tabanından en az 50 cm derinlikte yapılan yeniden gömmeni; sit alanını insan etkisinden de korumayı başardığı araştırmalarla tespit edilmiştir.

Türkiye gibi genç sedimanlara, yoğun akıntılara, biyolojik aktivasyona ve insan etkisine açık bölgelerde *in situ* korumanın uzun süreli bir uygulama olarak ne seviyede etkili olacağı bilinmemektedir. Bu nedenle; Türkiye'de de sualtı kültür varlıklarının *in situ* koruması konusunda ayrıntılı çalışmalar yapılması gerekmektedir. Böylece; Türkiye karasularında bulunan kültür varlıklarının bozulma süreçleri, literatürde bulunan diğer projeler ile karşılaştırılabilir hale gelecektir.

## KAYNAKÇA

- Ba Baert, K. (2017). The role of *asellus aquaticus* on organic matter degradation on constructed wetlands, [Yüksek Lisans Tezi], Universiteit Gent, Faculty Of Biocience Engineering, Environmental Technology, Belgium.
- Baeye, M. & Demerre I. (2000). Sedimanation- erosion study and future modelling. Machu Final Report, 56-58.
- Bartuli, C. Petriaggi R., Davidde B., Palmisano E., Lino G. (2008). In Situ conservation by cathodic protection of cast iron findings in marine environment, 9th International Conference On Non Destructive Investigations And Microanalysis For The Diagnostics And Conservation Of Cultural And Environmental Heritage Of Art, 25–30 May 2008, Jerusalem.
- Bathencourt, M. Fernández-Montblanc, T. Izquierdo, A. González-Duarte. M. Muñoz-Mas, C. (2018). Study of the influence of physical, chemical and biological conditions that influence the deterioration and protection of underwater cultural heritage. *Science of the Total Environment*, (613- 614), 98- 114.
- Beaubien, S.E. Graziani, S. Annunziatellis, A. Bigi, S. Ruggiero, L. Tartarello, M.C. Lombardi, S. (2014). Spatial- temporal water column monitoring using multiple, low-cost Gaspro-pco2 sensors: implications for monitoring, modelling, and potential impact. *Energy Procedia*, (63), 3840– 3847.
- Björdal, C.G. (2012). Evaluation of microbial degradation of shipwrecks in the baltic sea. *International Biodeterioration & Biodegradation*, (70), 126- 140.
- Björdal, C.G. (2012b). Microbial degradation of waterlogged archaeological wood. *Journal Of Cultural Heritage*, (135), 118- 122.
- Björdal, C.G. & Nilsson, T. (2007). Reburial of shipwrecks in marine sediments: a long-term study on wood degradation. *Journal Of Archaeological Science*, (35), 862- 872.
- Borges, L. Marckelbach, L. Cragg, S.M. (2014). Biogeography of wood-boring crustaceans (Isopoda: Limnoriidae) established in European coastal waters, *PlosOne*, Vol 9, Issue 10, 1-9.
- Breitzke, M. (2006). Physicalproperties of marine sediments, *Marine Geochemistry*, 27-71.
- Brennan, M.L. Davis, D. Ballard, R.D. Trembanis, A.C., Vaughn, J.I. Krumholz J.S. Delgado, J.P. Roman, C.N. Smart, C. (2016). Quantification of bottom trawl fishing damage to ancient shipwreck sites, *Marine Geology*, (371), 82- 88.

Cámara, B. Alvarez De Buergo, M. Bethencourt, M. Fernandez Montblanc, T. La Russa, M.F. Ricca, M. Fort, R. (2017). Biodeterioration of marble in an underwater environment, *Science Of The Total Environment*, (609), 109-122.

Can, A. & Sivrikaya, H. (2020). Evaluation of marine wood boring organism's attack on wood materials in the Black Sea coastal region. *Bioresources*, 15(2), 4271-4281.

Caple, C. (2004). Towards a benign reburial context: the chemistry of the burial environment. *Conservation And Management Of Archaeological Sites*, 155-165.

Caple, C. (2008). Preservation in situ the future for archaeological conservators?. *Studies At Conservation*, (53), 214- 217.

Coroneos, C. (2006). A cheap and effective method of protecting underwater cultural heritage. R. Grenier, D. Nutley, I. Cochran (Eds.). *Heritage At Risk Spatial Edition: Underwater Cultural Heritage At Risk: Managing Natural And Human Impacts (Special Edition, 55- 57)*. ICOMOS, Biedermann Offsetdruck.

Crony, J.M. (1990). *The Elements Of Archaeological Conservation, Contributions On Marine Material*, London: Routledge.

Davidde Petriagi, B. (2004). Methods and strategies for the conservation and museum display in situ of underwater cultural heritage, *Archaeologia Maritima Mediterranea*, 137- 150.

Davidson, S. & Newton, R. G. (2003). *Conservation And Restoration Of Glass*, A. Oddy (Ed). Butterworth-Heinmann Series In Conservation And Museology, Series Arts And Archaeology (Second Edition). Routledge.

Di Laurea, T. (2014). *In Situ Conservation Of The Shipwrecks In The Mediterranean Sea*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Università Ca'foscarì Venezia, Scienze Dell'antichità Letterature, Storia E Archaeologia, Venezia.

Dix, J. Cazenave, P. Lambkin, D. Rangecroft, T. Pater, C. Oxley, I. (2000). Sedimentation- erosion modelling as a tool for underwater cultural heritage management. *Machu Final Report*, 48-53.

Dorušić, V. & Čvrljak, M. (2019). Technological Protection Of An Underwater Archeological Site; A Newly Discovered Roman Shipwreck From The 1 st Century Bc, On The Island Of Pag, Croatia. *International Conference In Management Of Accessible Underwater, Cultural And Natural Heritage Sites: "Dive in Blue Growth"*, Athens, Greece, 16-18 October 2019.

Eriksen, A. M., Gregory, D., Shashoua, Y. (2015). Selective attack of waterlogged archaeological wood by *Teredo navalis* and its implications for in situ preservation. *Journal Of Archaeological Science*, (55), 9- 15.

Ezcurra, P. & Rivera- Collazo, I.C. (2018). An assessment of the impacts of climate change on Puerto Rico's cultural heritage with a case study on sea-level rise. *Journal Of Cultural Heritage*, (32), 198- 209.

Florian, M.L.E. (1987b). *The Underwater Environment*. S. G., Rees-Jones (Ed) *Conservation Of Marine Archaeological Objects*. Butterworth- Heinemann Series In Conservation And Museology (Second Edition, s.1-20). Routledge.

Geldiy, R. ve Kocataş, A. (2014). *Deniz biyolojisi* (9. Basım). Dora Basım Yayın Ltd. Şirketi.

Grave, B.H. (1924). Natural history of shipworm, *Teredo navalis*, at woods hole, Massachusetts, *Biological Bulletin*, 55(4), 260-282.

Gregory, D. (1998). Re-burial of timbers in the marine environment as a means of their long-term storage: experimental studies in lynæs sands. *International Journal Of Nautical Archaeology*, 27(4), 343- 358.

Gregory, D. (2020). Characterizing the preservation potential of buried marine archaeological sites, *Heritage*, 3(3), 838-857.

Khakzad, S. & Van Balen, K. (2012). Complications and effectiveness of in situ preservation methods for underwater cultural heritage sites. *Conservation And Mgmt Of Arch. Sites*, 14 (1-4), 469- 478.

Kırkım, F. Kocataş, A. Katağan, T. Sezgin, M. (2006). Contribution to the knowledge of the free- living isopods of the Aegean Sea coast of Turkey. *Türk J Zool*, (30), 361- 372.

Kırkım, F. Özcan, T. Bakir, K. Katağan, T. (2017). The Isopod Crustacea of fethiye bay, Levant Sea, Turkey, *North-Western Journal Of Zoology*, 13(2), 244-250.

Kocabaş, U. (1997). *Arkeolojik Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu* (1. Baskı). Norm Ajans.

Koçtaş, A. (2017). *Oseonoloji*, (11. Baskı). Dora Basın ve Yayın Ltd.

Komorowicz, M. Wroblewska, H. Fojutowski, A. Kropacz, A. Noskowiak, A. Pomian I. (2018). The impact of 5 years underwater exposure in the Baltic Sea (Puck Bay) on selected properties of English oak wood samples. *International Biodeterioration*, (131), 40-50.

Krause Jensen, D. Serrano, O. Apostolaki, E.T. Gregory, A.J. Duarte, C.M. (2019). Seagrass sedimentary deposits as security vaults and time capsules of the human past. *Ambio*, (48), 325- 335.

- Macleod, I.D. (2013). The mechanism and kinetics of in situ conservation of iron cannon on shipwreck sites. *The International Journal Of Nautical Archaeology*, 42(2), 382- 391.
- MacLeod, I.D. (2019). Corrosion and conservation management of the submarine hmas ae2 (1915) in the sea of Marmara Turkey. *Heritage*, 2(1), 868-883.
- Manders, M. (2012). In situ preservation, training manual for the unesco foundation course on the protection and management of underwater cultural heritage in asia and the pacific. UNESCO 208- 242.
- Manders, M. (2017). How do we physically protect underwater heritage sites in situ, preserving a layered history of the western wadden sea: managing an underwater cultural heritage resource, [Doctoral Thesis] Universiteit Leiden.
- Manders, M. (Ed.). (2011). Guidelines for protection of submerged wooden cultural heritage, including cost benefit analysis, Wreck Project, Seventh Framework Programme, Amersfoort.
- Manders, M. (2008). In situ preservation: the preferred option. *Museum International*, 60(4), 31 - 41.
- Martina, C. (2014). The Conservation and Restoration of Glass. B. Luca (Ed). *Conservation of underwater archaeological finds manual*. (Second Edition, 39-46). International Centre For Underwater Archaeology in Zadar.
- Marzeion, B. & Levermann, A. (2014). Loss of cultural world heritage and currently inhabited places to sea- level rise. *Environmental Research Letters*, (9), 1- 7.
- Moncrieff, A. & Weaver, G. (1992). *Cleaning, science for conservators*, (2), Psychology Press, Routhledge.
- Morrissey, J.F. & Sumich, J.L. (2012). *Introduction to the biology of marine life* (10. Edition). Jones & Barlett Publishers.
- North, N.A. & Macleod, I.D. (1987). *Corrosion of metals*, C. Pearson, (Ed.), *Conservation Of Marine Archaeological Object* (Second Edition, 68- 99). Butterworth Series In Conservation And Museology.
- Perez-Alvoro, E. (2016). Climate change and underwater cultural heritage: impacts and challenges. *Journal Of Cultural Heritage*, (21), 842– 848.
- Perez-Alvoro, E. (2001). *Underwater Cultural Heritage: Ethical Concepts And Practical Challenges*. Routledge.
- Pinna, D. (2001). Microbial growth and its effects on inorganic heritage materials. E. Joseph (Ed). *Microorganisms In The Deterioration And Preservation Of Cultural Heritage*. (Open Access). Springer. Creative Commons license: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

- Pournou, A. (2020). Biodeterioration of wooden cultural heritage: organisms and decay mechanisms in aquatic and terrestrial ecosystems, Springer E-Books.
- Pringle, H. (2013). Troubled waters for ancient shipwrecks. *Science*, 340(6134), 802- 807.
- Reinmann, L. Athanasios Vafeidis, T. Brown, S. Hinkel, J. Tol, R.S.J. (2018). Mediteranean UNESCO world heritage at risk from coastal flooding and erosion due to sea- level rise. *Nature Communications*, 9(1), 4161.
- Ricca, M. La Russa, M.F. (2020). Challenges for the protection of underwater cultural heritage (UCH), from waterlogged and weathered stone materials to conservation strategies: an overview. *Heritage*, 3(2), 402- 411.
- Richards, V. (2012). In situ preservation and monitoring of the James Matthews shipwreck site. *Conservation And Mgmt Of Arch Sites*, 14(1-4), 169- 181.
- Shefi, D. & Veth, P. (2015). A critical analysis and philosophical review of 'rapid reburial': the clarence project. *The International Journal Of Nautical Archaeology*, 00(00), 1– 11.
- Simčić, T. & Brancelj, A. (2006). Effects of pH on electron transport system (ets) activity and oxygen consumption in *gammarus fossarum*, *Asellus aquaticus* and *Niphargus sphagnicolus*. *Freshwater Biology*, (51), 686- 694.
- Singh, A.P. Kim, Y.S. Singh, T. (2016). Bacterial degradation of wood, *Secondary Xylem Biology*, Academic Press, 169- 190.
- Steyne, H. (2010). Cegrass, sand and marine habitats: a sustainable future for the William Salthouse wreck. J, McKinnon. & V, Richards (Eds.). In situ conservation of cultural heritage: public, professionals and preservation (40-49). The PAST Foundation.
- Varinlioğlu, G. (2020). Assesing a decade of Kaş underwater archaeopark. *International Journal Of Nautical Archaeology*, 49(1),74- 86.
- Votruba, G.F. Artzy, M. Erkanal, H. (2016). A set archaic anchor arm exposed within p. *oceanica* matte at Klazomenai/ Liman Tepe, Turkey: a contribution for understanding marine stratigraphy. *Journal Of Field Archeology*, 41(6), 671- 683.
- Williams, T. (2015). Preservation In Situ: Not An Ethical Principle, But Rather An Option Amongst Many, M. H, Van den Dries. S. J, Van der Linde. & A, Strecker (Eds.). *Fernweh crossing borders and connecting people in archaeological heritage management, essays in honour of Prof. Willem J. H. WILLEMS (38- 41)*. Sidestone Press,
- Türkmenoğlu, E. (2021). Yenikapı 27 batığı: gemi elemanları, yapım tekniği ve yapısal özellikler. *Art- Sanat Dergisi*, (16), 557- 574.

Yılmaz, A. (2002). Türkiye denizlerinin biyojeokimyası: dağılımlar ve dönüşümler. *Turkish Journal Of Engineering And Environmental Sciences*, (26), 219-235.

Yılmaz, Z. & Şener, Y.S. (2019). Arkeolojik kazı buluntusu metallerin, kazıda bulunmalarından koruma onarım uygulamalarına kadarki süreçleri. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, (23), 431-439.

Quinn, R. (2006). The role of scour in shipwreck site formation processes and the preservation of wreck-associated scour signatures in the sedimentary record—evidence from seabed and sub- surface data. *Journal of Archaeological Science*, 33(10), 1419- 1432.

## **İNTERNET KAYNAKLARI**

ICOMOS. (1996). Sualtı Kültür Mirasının Korunması ve Yönetimi ile İlgili Tüzük, Icomos Türkiye Tüzükleri. [Http://www.lcomos.Org.Tr/Dosyalar/Icomostr\\_Tr0882066001536913778.Pdf](http://www.lcomos.Org.Tr/Dosyalar/Icomostr_Tr0882066001536913778.Pdf)

UNESCO. (2001). Convention on the protection of the underwater cultural Heritage. <https://www.unesco.org/en/legal-affairs/convention-protection-underwater-cultural-heritage?hub=66535>.