



## Sanayi Alanında Kullanılan Sualtı Görüntüleme Sistemleri Ve Çalışma Alanları [\*]

Hayati YAĞLI\* Güvenç SORARLI Ata AKSU Deniz TAŞCI

*İstanbul Gedik Üniversitesi, Gedik Meslek Yüksekokulu, Pendik Yerleşkesi, Su Altı Teknolojisi 34913 Pendik/ İstanbul, Türkiye*

Geliş Tarihi: 30.12.2022

Kabul Tarihi: 27.04.2023

Basım Tarihi: 31.12.2023

Atf yapmak için: Yağlı, H., Sorarlı, G., Aksu, A. & Taşcı, D. (2023). Sanayi Alanında Kullanılan Sualtı Görüntüleme Sistemleri Ve Çalışma Alanları. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 773-779. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226412>

How to cite: Yağlı, H., Sorarlı, G., Aksu, A. & Taşcı, D. (2023). Underwater Imaging Systems Used In Industry And Working Areas. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 773-779. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226412>

\*ID: <https://orcid.org/0000-0003-0590-7317>  
ID: <https://orcid.org/0000-0003-1005-3045>  
ID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-8088>  
ID: <https://orcid.org/0000-0003-0080-6904>

\*Sorumlu yazarın:  
Hayati YAĞLI  
İstanbul Gedik Üniversitesi, Gedik Meslek  
Yüksekokulu, Pendik Yerleşkesi, Su Altı  
Teknolojisi 34913 Pendik/ İstanbul, Türkiye.  
✉: [hayati.yagli@gedik.edu.tr](mailto:hayati.yagli@gedik.edu.tr)

**Öz:** Su altı sanayi sektöründe günümüzde kullanılmakta olan birçok görüntüleme ve iletişim cihazları bulunmaktadır. Kullanılan bu ekipmanlar gelişen teknoloji ve modern tasarımlarla, günümüze kadar çok farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Ancak su altına yapılan dalışlarda basınç, ışık, sıcaklık, renklerin kaybolması, su ile temas vb. gibi birçok etken, su altında görüntülemeyi zorlaştırır. Genellikle sığ sularda ve belirli limitlerde yapılan dalışlarda, dalgıç yardımı ile çeşitli aksiyon kameraları, Profesyonel fotoğraf makineleri ve video kayıt cihazları özel su geçirmez ekipmanlar (Housinglerle) ile kullanılabilir. (Lavest vd.,2000). Su altında insanlı dalış limitlerinin üstünde yapılan dalışlarda ROV, AUVS ve batiskaf gibi farklı robotik sistemler kullanılmaktadır. Ayrıca bu cihazların yapılan derin noktadaki basınca karşı dayanıklı olması, ayrıca görüntü cihazlarının temiz bir görüntü aktarabilmesi için şeffaf yapıda olması gerekmektedir. Canlı görüntü aktarımı için yapılan dalgıç ile ya da robotik sistemlerin kullanıldığı bu çalışmalar, sualtı ile sürekli temas gerektiren kablolu iletişim hatlarına bağlıdır. Suyun yoğunluğundan ve yapısal özelliğinden dolayı karada kullanılan kablosuz veri aktarımları (Wi-Fi, Bluetooth, Kızılötesi) su altında işe yaramamaktadır. Ancak gelişen teknoloji ile bu alanda yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda lazer ve led aktarıcı yöntemi ile görüntü aktarımı, ses dalgaları ve akustik yöntemler ile kablosuz veri gönderimi çalışmaları yapılmaktadır. Bu yöntemlerle su altından alınan veriler, sualtı özel tasarlanmış cihazlar sayesinde işlenerek kodlanmaktadır. Farklı frekanstaki radyo dalgaları ve lazerler gönderilen bu veriler su altı yapısının anlık görüntüsünü kara veya tekne ortamındaki kişilerin görüntülemesine olanak sağlamaktadır. Yapılan bu çalışmalar sayesinde, belirli limitlerde kablosuz veri aktarımları gerçekleştirilerek su altı turizm ve sanayi sektörleri için büyük bir yenilik ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Görüntüleme, robotik sistemler, sanayi dalışı, su altı.

## Underwater Imaging Systems Used In Industry And Working Areas

**Abstract:** There are many imaging and communication devices used in the underwater industry sector today. These equipment are used in many different forms until today with the developing technology and modern designs. However, in underwater dives, pressure, light, temperature, loss of colours, contact with water, etc. Many factors make it difficult to view underwater. Various action cameras, professional cameras and video recorders can be used with special waterproof equipment (Housings) with the help of divers, usually in shallow waters and at certain limits (Lavest vd.,2000). Different robotic systems such as ROV and AUVS are used for underwater dives above the manned diving limits. In addition, these devices must be resistant to the pressure at these deep points, and the display devices must be transparent in order to transmit a clean image. These works, in which submersible or robotic systems are used for live image transmission, depend on wired communication lines that require constant contact with the surface. Due to the density and structural nature of water, wireless data transmissions (WI-FI, Bluetooth, Infrared) used on land do not work underwater. However, with the developing technology, new studies are being carried out in this field. In these studies, image transfer with laser and led transmitter method, wireless data transmission with sound waves and acoustic methods are carried out. With these methods, the data taken under water is processed and coded by specially designed devices on the surface. These data, which are sent by radio waves and lasers of different frequencies, allow people in the land or boat environment to view the snapshot of the underwater structure. Thanks to these studies, a great innovation has been introduced for the underwater tourism and industry sectors by performing wireless data transfers at certain limits.

\*Corresponding author's:  
Hayati YAĞLI  
İstanbul Gedik University, Gedik Vocational  
School, Pendik Campus, Underwater  
Technology 34913 Pendik/ İstanbul, Turkey  
✉: [hayati.yagli@gedik.edu.tr](mailto:hayati.yagli@gedik.edu.tr)

**Keywords:** Industrial diving, robotic systems, underwater, viewing.

## GİRİŞ

Görüntüleme sistemleri tarih boyunca çok fazla teknolojik gelişim ve tasarıma maruz kalmışlardır ve günümüzde hala gelişmeye devam etmektedir. Geliştirilen bu sistemler ile çok zor şartlarda ve çok ekstrem koşullarda bile görüntü alabilmek daha mümkün hale gelmektedir. Yapılan teknolojik çalışmalar ve tasarımlar ile günümüzde hemen hemen her noktada, canlı ve anlık görüntü alabilme kolaylığına sahip olunmuştur. Ancak sualtı dünyasına bakıldığında kara ortamından çok farklı bir senaryo karşımızda çıkmaktadır. Karasal ortamlar için tasarlanan bu cihazlar ve ekipmanlar ile sualtı dünyasında karadaki kadar etkili olmadığı görülmüştür. Sualtı çekimleri sadece obje ve kamera ile değil birçok faktörün etkisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bu değişkenlikler birçok faktöre bağlıdır. Bunlar; Işığın soğurulması, Basıncın dalgıç ve ekipman üzerindeki etkisi, Sıcaklık farkları, Renklerin kaybolması, Ekipmanların su ile teması, Stabil sabit kalma problemi, Limitli dip zamanı, Kayıt cihazları için yeterli koruyucu (housing) bulunmaması, Ekstra eğitim ve tecrübe gerektirmesi olarak sıralanabilir. Bu değişken faktörler sualtı dünyasının görüntülenmesini sürekli olarak etkilemiştir. Bu yüzden bile günümüzde denizler ve okyanuslar hakkında çok daha az bilgiye sahibiz. Su altında görüntülemeyi etkileyen bu sistemler için ayrı ayrı çözümler ve ekipmanlar gerekmektedir.

**Renklerin Kaybolması:** Güneşten gelen ışınlar yeryüzüne çarptıktan sonra çeşitli dalga boylarında dağılarak ortamda renklerin gözle görünümünü sağlar. Ancak suda aynı etki gözlenemez. “Su iyi bir ışık emici olduğundan Dünyamızın ışık kaynağı olan Güneşten gelen ışınları dolayısıyla renkleri de soğurur. Derinlere gittikçe bazı renkler kaybolmaya başlar. Örneğin, ilk 5 metrede kırmızı, 8 metrede turuncu, 11 metrede sarı, 19 metrede yeşil, 23 metrede ise mavi renk kaybolur” (TSSF/CMAS, 2009). Buda sualtında çektiğimiz görüntülerin daha rensiz ve algılamada zorlanmamıza sebep olur. Deniz ve okyanus sularının bulanıklığı, askıda madde miktarları, kirlilik vb. etmenler renklerin kaybolma derinliklerinde değişiklikler gösterse de, güneşten gelen çeşitli renkteki dalga boyları sular tarafından soğurulur. Bu yüzden renklerin kaybolduğu bu derinliklerde yapılacak olan görüntü aktarımı için belirli renk filtreleri kullanılır. Bu filtreler sayesinde denizler ve okyanuslar tarafından soğurulan renkler tekrar yakalanır ve gerçeğe en yakın görüntüler elde edilir.

**Basıncın Dalgıç ve Ekipman Üzerindeki Etkisi:** Basıncın artması ile genel gaz kanunları prensibi ile hacim küçülme eğilimine gidecektir. “Sabit bir sıcaklıkta, sabit kütledeki gazın hacmiyle basınç ters orantılıdır. Boyle Gaz Kanunu’na göre sabit sıcaklıkta basınç arttıkça gaz

kabarcıklarının hacminde küçülme meydana gelir” (Öztürk, 2017). Bu yüzden fotoğraf ve video kayıt cihazların muhafaza edildiği, housinglerin içerisindeki hava boşlukları basıncın etkisi ile yapısal olarak zorlanacaktır. Basınç belli bir seviyenin üzerine çıkarsa housing parçalanabilir ve ekipman kullanılmaz hale gelebilir. Bu yüzde üretilen housinglerin dayanım basıncına göre dalış limitleri kısıtlanır ve belli derinliklerde çekim yapmak zorunda kalınır.

Derinlik arttıkça dalgıçlar için sınırlayıcı dalış limitleri ve dekompresyon kuralları devreye girer. “Dalgıçın derinlere doğru inmesiyle basıncın artması hareketsiz gazların dokularda çözülmesine neden olur” (Duraklı vd., 2008). Buda dalgıçın ne kadar derine indiğine ve dipte kaldığı süreye göre dalgıç tehlikeye sokar. Derinliğin ve basıncın artmasıyla dokularda daha fazla çözünen gazla çıkış esnasında genleşmeye ve dokulara zarar vermeye başlar. Bu da dalgıçın kaldığı derinlik ve dip zamanı arttıkça dalgıçın dokularında kalıcı hasarlara ve ölüme sebep olabilir. Bütün dalgıçların dalış esnasında kalabilecekleri süre ve dip zamanları bellidir. Kara ortamına göre daha kısa süreli ve daha az sayıda su altını çekimleri yapılmaktadır. Bu yüzden dalgıçlar ile yapılan görüntülemeler oldukça sınırlayıcıdır.

**Sıcaklık Farkları:** Ortamın fiziksel koşulları anlık görüntü alımını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Sıcaklığın çok düşük olduğu ortamlarda ekipmanlar ve kişilerde çeşitli problemler meydana gelebilir. Özellikle sularda sıcaklık farkı karaya göre oldukça değişkendir. Sucul ortamlarda yoğunluk farkından ve su tabakasının sıcaklıkları dalgıçlar üzerinde hızlı ısı kaybına sebebiyet verebilir. Buda dalgıçların aşırı soğuk sularda veya sıcaklığın ani değiştiği derinliklerde dip zamanını kısıtlayan en önemli faktörlerden biridir. Yeterli koruyucu elbise ve ekipman olmaması durumunda dalgıçlar hipotermiye girebilir ve dalgıç için tehlikeli dalış koşulları sağlayabilir. Soğuk ve buzul ortamlarda sualtı çekimleri yapmak oldukça ekstrem ve zordur. Zor şartlar dalgıçların çalına sürelerini etkilediği için karaya göre su altı görüntüleme çalışmalarını oldukça etkiler. Ayrıca sıcaklığın ekipmanlar üzerinde de etkisi vardır. Aşırı soğuk veya tam tersi aşırı sıcak ortamlarda mekanik malzemelerin dayanımları azdır. Özellikle aşırı soğuk ortamlarda cihazların pil ömrü kısalmır, parçalarda donma ve kırılmalar meydana gelebilir. Buda alınmak istenen görüntüler için oldukça kısıtlayıcı bir etmendir. Dalgıçlar aşırı soğuk ve buz ile kaplı alanlarda çalışmak istemeleri durumunda ekstra koruyucu ekipman ve dayanımları yüksek görüntüleme cihazları kullanmaları gerekecektir. Bu yüzden bu ortamlardaki çekimler daha maliyetli ve daha zor olarak karşımıza çıkmaktadır.

**Işığın Soğurulması:** Derinlere inildikçe güneş ışınlarının etkileri giderek azalmaya başlar. Karasal

ortamda tüm dünyayı aydınlatan güneş ışıkları derin denizlerde kendini karanlığa bırakır. Suların fiziksel özelliklerine (kirlilik, bulanıklık, askıda madde miktarları vb.) bağlı olarak değişse de, belirli derinliklerde ışığın soğurulmasından kaynaklı derin deniz noktalarında karanlık hâkimdir. Buda karaya kıyasla derin deniz noktalarında rahat görüntü alımını oldukça etkiler. Daha sığ sularda güneş ışınlarının ulaşması sayesinde daha uzun mesafeler görüntülenebilirken, derinlik arttıkça görüş mesafesi giderek kısılır. Bu da sualtı çekimleri için oldukça sınırlayıcı bir faktördür. Bu derinliklerde çekim yapabilmek için sualtında yapay ışık kaynakları kullanılır. Kullanılan ışık kaynağının kalitesine ve gücüne bağlı olarak belli bir oranda görüş elde edilir. Ancak bu görüş belirli bir süre ve kısa bir mesafe olarak sınırlıdır (Görgülü, 2019).

**Ekipmanların Su ile Teması:** Su altında kullanılan hemen hemen bütün görüntü ekipmanları karasal ortamlar için tasarlanmıştır. Su altında kullanabilmemiz için tasarlanan koruyucular (housingler) olsa da bu ekipmanlar zaman zaman su ile temas edebilmektedir (McGlamery, 1980). Karasal ortam için tasarlanan bu ekipmanlar su ile temas etmeleri durumunda elektronik sistemleri hasar alabilir ve bozulabilir. Bu da su altında çekilen görüntülerin kaybına ve ekipman masraflarına yol açacaktır. Bu yüzden kullanılan ekipmanların bakımı ve kontrolü çok önemlidir. Malzemelerde oluşabilecek ufak çaplı hasar ve çatlaklar karada çok fazla sorun yaratmasa da, su altında basınçlı bir ortamda ciddi sorunlara sebebiyet verebilir. Ekipmanlar su altında basınç, dayanım ve sızdırmazlık gibi testlerden geçmelidir (Yılmaz & Kılıcı, 2020). Bu da sualtı çekimlerini zorlaştıran faktörlerden bir olarak karşımıza çıkarır.

**Ekstra Eğitim ve Tecrübe Gerektirmesi:** Yapılan görüntüleme çalışmalarında kişinin kullandığı ekipman hakkında uzman ve tecrübeli olması görüntüleme çalışmaları için çok önemlidir. Kişi ne kadar tecrübeli ve ekipmana hakimse alınacak görüntülerde o kadar iyi olacaktır. Ancak sualtı çekimlerinde sadece ekipman bilgisi yeterli değildir. Su altında kaliteli ve düzgün görüntüler alabilmek için iyi seviyede bir dalış eğitimi almak gerekir. Dalış eğitimi almadan su altı çalışmalarına katılmak mümkün değildir. O yüzden bir fotoğrafçı karadaki yaptığı çekimleri su altında hemen gerçekleştiremez. Sucul ortam karaya göre daha tehlikeli ve hareketli bir yapıda olduğu için, kişiler belirli bir seviye dalış eğitimini tamamlamalı ve belirli bir seviyede dalış tecrübesine sahip olmalıdır (Munro, 2013). Bu da kişiyi tecrübesiz ise tehlikeye sokacaktır. Kişinin tecrübesi ne kadar fazla ise suda o kadar rahat kalıp istediği derinlikte istediği standartta görüntü alması daha kolaydır. Aksi takdirde acemi bir dalgıç suda kendi kontrolünü yapmaktan

zorlanacak ve aldığı görüntüler bir o kadar düşük kalitede olacaktır. Tüm bu sebeplerden dolayı su altı çekimleri yapmak için geçerli kuruluşlardan belirli standartlarda eğitimler almalı ve belirli bir seviye tecrübeli olmak gerekir. Kişinin eğitimi ve seviyesi dalgıçlarla yapılan su altı görüntüleme çalışmalarında en önemli faktördür.

**Yeterli Ekipman Bulunmaması:** Karadaki çekimlere kıyasla su altı çekimleri yapmak için çeşitli standartlarda ekipmanlar üretilse de, sucul ortam için bu ekipmanların sayısı çok azdır. Karasal çekimlerde kullanılan ekipmanlar çok çabuk adapte olunabilmekte ve kullanıma geçilebilmektedir. Ancak su altındaki çekimlerin aynı kalitede yapılabilmesi için bu ekipmanlara özel koruyucular ve tasarımlar gereklidir (Shortis, 2015). Su altında kullanılmak istenilen görüntüleme ekipmanlarının hepsi için gerekli koruyucu (housingler) bulunmamaktadır. Bu da su altı çekimlerini sınırlandıran oldukça etkili bir faktördür. Normal çekimlerde istenilen özelliğe sahip ekipman kullanılırken su altında sadece özel tasarımı olan ve koruyucu olan ekipman kullanmak zorundasınızdır. Normal durumlarda malzeme seçimi yaparken öncelikle ihtiyaca göre en uygun ekipman seçilirken, su altında ise özel tasarlanmış ekipmanlar arasında bir seçim yapmak gerektirir. Bu da örneğin bütün kameralar için koruyucu olmadığından önce kamera seçimi yerine, şartlara en uygun koruyucu(housing) seçilmeli, daha sonra seçilen bu koruyucular (housingler) için uyumlu kameralar arasında tercih yapılmalıdır. Düzgün seçilmeyen bir koruyucu (housing) seçimi yapılması yada düzgün bakım yapılmaması, kılıfın içine su alarak makinenin kullanılmaz hale gelmesine neden olabilir (Anamur, 2000). Tüm bunlar karasal ortama göre su altı çekimlerini kısıtlayan faktörlerden birisidir.

**Görüntüleme Sistemleri Kullanım Alanları:** Su altı görüntüleme sistemleri ticari ve sportif anlamda çok fazla kullanım alanına sahiptir. Özellikle geliştirilen son teknolojik tasarımlar ve daha kaliteli çekimlerin yapılması su altı görüntüleme sektörünü ön plana çıkarmıştır. Su altı görüntüleme sistemleri genellikle; su altı sanayi şirketlerinde, sportif su altı turizm şirketlerinde, su altı belgesel çekimlerinde, su altı klip ve film çekimlerinde, üniversitelerin ve kuruluşların su altı araştırma ve inceleme merkezlerinde ve ihtiyaca bağlı olarak su altında birçok alanda kullanılabilir.

Su altı ekipmanları kullanılırken işin ihtiyacına ve koşullarına göre dalgıçlar yardımı ile ya da teknolojik ekipmanlar ile beraber kullanılırlar. Görüntüleme sistemlerinin tasarımları ve dayanım kapasiteleri bu çalışma alanlarına göre belirlenir. Örneğin bir derin dalış sistemi için tasarlanan görüntüleme sistemi ile sportif dalış için yapılan görüntüleme sistemini aynı amaçlar için kullanmak doğru olmayacaktır. Görüntüleme sistemleri su altında sadece dalgıç yardımı ile değil robotik sistemlerle

de çokça kullanılmaktadır. Özellikle dalgıçların inemediği dalış limitlerinin kısıtlı olduğu derinliklerde genellikle bu robotik sistemler ve teknolojik ekipmanlar üzerine yerleştirilen görüntüleme sistemleri kullanılır. Örneğin satıhtan ikmali dalış sistemlerinde, ROV (Remotely Operated Vehicles) adı verilen insansız sualtı taşıtlarında, AUV (Autonomous Underwater Vehicle) otonom sualtı cihazlarında, satürasyon dalış sistemlerinde, batiskaf adı verilen derin dalış denizaltılarında bu görüntüleme sistemlerinde ve benzer alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. (Canlı vd., 2015)

**Satıhtan İkmali Dalış Sistemlerinde Kullanılan Görüntüleme Sistemleri:** Satıhtan ikmali dalış sistemlerinde kullanılmakta olan görüntüleme cihazları sanayi dalışlarında en elzem ekipmanlardan biridir. Yapılan işlerin tehlikesi ve ciddiyeti göz önüne alındığında ağır sanayi dalışlarında görüntüleme cihazları dalgıcı ve yapılan işi takip etmek için eklenen ekstra gözlem elemanı olarak kullanılır. Dalış amiri tarafından sürekli olarak takip edilen bu sistemlerde dalgıçların anlık konumları, yaptıkları işin durumu, dalgıcın karşılaşılabileceği problemleri vb. gerçekleşebilecek tüm olaylara karşı takip edilir. Bu yüzden satıhtan ikmali ağır dalış sistemleri için görüntüleme cihazları çok önemlidir ve hemen hemen her dalışta dalgıçta bulunur. Ayrıca görüntüleme cihazları ile su altı survey hizmetleri, raporlama işlemleri, yapı sağlamlık kontrolleri v.b. gibi görüntüleme işlemleri de genellikle yapılır.



**Şekil 1, 2.** Sanayi dalışlarında kullanılan sert başlık ve kamera aparatları (<https://www.smp-ltd.com/>) (<https://www.dalishshop.com/>).

**Figure 1, 2.** Hard helmet and camera apparatus used in industrial diving (<https://www.smp-ltd.com/>) (<https://www.dalishshop.com/>).

Görüntüleme sistemleri genellikle dalgıcın kullandığı sert başlıklarda bağlantılı şekilde yada elde taşınmaya müsait şekilde bulundurulur. Raporlama ve detaylı çekimler yapmak için genellikle elde kolay hareket ettirilebilen portatif tutamaçlarla kullanılır ve istenilen bölgede detaylı çekimler yapılır. Ancak yapılan iş yükü daha ağır ve farklıysa genellikle dalgıcın üstünde yada başlığa akuple olmuş şekilde karşımıza çıkmaktadır. Alınan görüntüler canlı olarak sürekli dalış amiri ve sorumlu dalgıçlar tarafından izlenir ve denetlenir. Bu

sayede dalgıcın başına gelebilecek kazalar önceden kestirilebilir ve oluşabilecek acil bir durumda dalgıca müdahaleyi hızlandırabilir.

**ROV (Remotely Operated Vehicles) Uzaktan Kumandalı Araçlar:** Uzaktan kumandalı su altı aracı (ROV); gemi, platform veya karada konuşlandırılmış bir kontrol merkezinden kontrol edilerek, su altında amaca yönelik değişen görevleri gerçekleştiren insansız su altı aracıdır (Azis vd., 2012). Genellikle dalgıçların inemeyeceği ya da çalışması zor olacak derinliklerde, acil müdahale ve görüntü alınması gereken durumlarda, dalgıç maliyetinin çok olduğu çalışmalarda, hafif sanayi işlerinde ve görüntü almak için kullanılır. ROV'ların boyutuna ve kapasitesine bağlı olarak birçok alanda işler yapılmaktadır (Christ & Wernli, 2013). Bunlardan bazıları; Petrol-gaz endüstrisinde, gemi-uçak vb. taşıtlara ait enkaz tespiti çalışmalarında, arama kurtarma çalışmalarında, batıklarının deniz yüzeyine çıkarılması çalışmalarında, bomba-mayın arama ve imha çalışmalarında, fay hatlarının kontrolünde, kablo ve boru hattı inceleme tamir çalışmalarında, deniz tabanından gaz ve sediment numunesi alma gibi değişik amaçlara yönelik operasyonlarda (Freiwald vd., 2009), batık arama operasyonlarında, denizin derin noktalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.



**Şekil 3.** ROV Uzaktan Kumandalı Sualtı Aracı (<https://bluerobotics.com>).  
**Figure 3.** ROV Remote Controlled Underwater Vehicle (<https://bluerobotics.com>).

Rovların çalışma alanları ve donanımlar cihazın boyutuna ve taşıma kapasitesine göre farklılıklar gösterir (Schjøberg & Utne, 2015). Ancak tüm ROV'lardaki en temel ekipman, Renkli yüksek çözünürlüklü kameralardır. Bütün ROV' larda standart ekipman olarak bulunur. İlave olarak; Akustik sonar sistemi, multiparameter (iletkenlik, sıcaklık, derinlik, turbidity, ph), altimetre ve basınç sensörü (deniz dibi mesafe ve derinlik ölçümü), akustik konum belirleme ve gemi tarafından takip edilebilme, led'li aydınlatmalar, numune sepeti, sediment ve su örnekleme sistemleri, ilave aparat eklenerek petrol ve gaz

endüstrisi için gaz örnekleme kabiliyetleri de bulunabilmektedir (Nakajoh vd., 2012).

**AUV (Autonomous Underwater Vehicle), Otonom Sualtı Araçları:** Genellikle bir kablo ile yukarıya bağlı olmaksızın akü gücü ile kendi kendine sualtında seyahat edebilen, otonom sualtı araçlarıdır. Gelişen akü teknolojisi sayesinde sualtında yüzlerce kilometre seyir yapabilir ve 6000m ye kadar dalabilir. Bugün pek çok AUV, navigasyon amaçlı olarak yüzeyde bir gemi ile birlikte çalışır. Yeni geliştirilen çok düşük enerji harcayan, uzun mesafeli AUV'lar, sualtında haftalar veya aylarca yalnız başlarına operasyon kabiliyetine sahiptirler (Hwang vd.,2019). Bunlar düzenli aralıklar ile yüzeye çıkarak uydu aracılığı ile hem konumu belirleyip rotasını ayarlamakta hem de topladığı verileri karadaki istasyona göndermektedir. AUV Üzerinde Dijital fotoğraf makineleri ve video kayıt cihazları uzun mesafeler için görüntü kaydeder ve veri aktarımı gerçekleştirir (Blidberg, 2001). Bu sayede çok uzun mesafeler boyunca görüntüler alınarak haritalandırma, arama kurtama çalışmaları, yeni alan ve canlı keşifleri gibi çalışmalar gerçekleştirilebilir (Paull vd., 2013). Uzun mesafelerde görüntü aktarımı için oldukça idealdir. Ayrıca üzerinde kamera ve video kaydediciler dışında pusula, derinlik sensörleri, yan taramalı ve diğer sonarlar, İletkenlik, sıcaklık ve derinliğin (CTD) ölçüm problemleri, akıntıölçer gibi ekipmanlar da bulundurulabilir (Flemming, 1976). AUV robotik cihazların belli başlı avantajları vardır. Örneğin; Operatör veya pilota ihtiyaç yoktur. Çok uzun mesafeler seyir yapabilir ve tüm yol boyunca veri toplayabilir. Her zaman yüzeyde gemi olması gerektiği için operasyonları düşük maliyetlidir. Ancak bu cihazlar, İleri teknoloji ve uzman personel gerektirir ve operasyon sırasında sorun çıktığında araç kaybedilebilir. Yandan taramalı sonarlar ise çoğu zaman AUV üzerinde eklenip ekstra veri almak için kullanılabilir, ya da ekstra bir gemi yardımıyla çekilerek sürekli veri aktarımına izin verebilir (Johnson & Helferty, 1990). AUV robotik cihazlara göre benzer bir çalışma prensibine sahiptir. Ancak daha kısa mesafelerde etkili ve tekne ile sürekli bağlantılı olmaları gerekmektedir (Klein, 2002). AUV larda böyle bir gereksinim yoktur.

**Satürasyon Dalışı Kamera Sistemleri:** Satürasyon dalışlarında kullanılan görüntüleme sistemleri derin deniz noktalarında çalışacak dalgıçların her anını görüntüleme ve izleme amaçlı kullanılan çok önemli bir sistemdir (COX, 1968). Çalışma esnasında zamanlarının büyük bir bölümünü su altında satürasyon sistemi içinde geçiren dalgıçların yaşayabilecekleri bir problem ve sağlık sorununa karşı sürekli izlenmeleri gerekmektedir. Hem iş esnasında hem de dinlenme aralarında basınç altında kalan dalgıçlar dekompresyon hastalığı ve buna benzer sağlık sorunlarına maruz kalabilirler. Bu durumların anında müdahale edilebilmesi için dalış amirleri ve güvenlik

personelleri tarafından 24 saat canlı izlenmektedirler(Zeng 2018). Bu yüzden satürasyon sistemlerinde görüntüleme ekipmanları vazgeçilmez bir zorunluluktur. Hatta bu görüntüleme sistemlerinde meydana gelebilecek arıza karşısında çalışma iptal edilip sistem düzeldikten sonra çalışmaya devam edilmelidir. Bu sayede ortaya çıkabilecek problemlerin önüne geçilecektir.

**Batiskaflar:** Denizlerin derinliklerinde gözlem yapmakta kullanılan, özel olarak yapılmış, kabin iç basıncı deniz seviyesindeki atmosfer basıncında sabit tutulabilen deniz araçlarıdır (Boulouard & Delauze, 1966). Derin deniz noktalarında insanlı çalışmaların yapılmasında etkin bir rol oynar. Genellikle çalışma alanları denizel organizmaların incelenmesi ve yaşam alanlarının belirlenmesi, yeni türlerin keşfi gibi alanlarda aktif olarak kullanılırlar (Pérès, 1965). ROV'ların aksine insanlı sistemler olduğu için su altında daha doğru veri aktarımı ve analizi gerçekleştirilebilir. Aynı anda bu sistemler üzerine yerleştirilen görüntüleme cihazları sayesinde batiskaf ile dalış yapan dalgıçların daha derin noktalardan görüntüler alması mümkün hale gelebilmektedir (Jamieson vd., 2020). Özellikle insanların ve robotik cihazlarının büyük bir kısmının inemediği derinliklerde çalışabildiği için keşfedilmemiş yerlerin keşfi ve daha derin alanların görüntülenmesinde oldukça etkili bir rol oynamaktadır.

**Kablosuz Görüntü Aktarımı:** Suyun yoğunluğundan ve yapısal özelliğinden dolayı karada kullanılan kablosuz veri aktarımları (Wi-Fi, Bluetooth, Kızılötesi) su altında işe yaramamaktadır. Bu çalışmalarda lazer ve led aktarıcı yöntemi ile görüntü aktarımı, ses dalgaları ve akustik yöntemler ile kablosuz veri gönderimi çalışmaları yapılmaktadır (Shihada vd., 2020). Bu yapılan çalışmalarda su altından alınan veriler, satıhta özel tasarlanmış cihazlar sayesinde işlenerek ve kodlanmaktadır. Farklı frekanstaki radyo dalgaları ve lazerler gönderilen bu veriler su altı yapısının anlık görüntüsünü kara veya tekne ortamındaki kişilerin görüntülemesine olanak sağlamaktadır. Suyun altında alınan görüntüler radyo dalgaları sayesinde kısa mesafedeki dalgıçların üzerinde bulunan bir dönüştürücüye gönderilmektedir. Daha sonra sualtında çekilen bu görüntüleri çeşitli ışık boylarında kodlara dönüştürerek yüzey tabakasında duran bir tür alıcıya iletilmektedir. Bu kodları alan fotodedektörler bu görüntüleri işleyerek yüzeyde görüntülerin işlenmiş halini video veya fotoğraf olarak bir ekrana sunmaktadır. Ancak bu çalışma gelişim aşamasında olduğundan istenilen her derinlikte görüntü alınması mümkün değildir. Sudaki askı maddeler, suyun bulanıklığı, denizdeki dalgalanmalar vb. problemler su altından ışınların düzgün bir şekilde yüzeye gelmesini engellemektedir. Bunun sonucunda da veri aktarımında sorun oluşturacağından bu sistem aktif olarak günümüzde kullanılmamaktadır (Mahmutoğlu vd., 2021) . İlerleyen

teknoloji ve geliştirmeler sayesinde bu sorunlar çözülmesi durumunda ilerleyen yıllarda su altından kablosuz görüntü alabilmeye olanak sağlayabilecektir.

## SONUÇ

Su altı görüntüleme sistemleri gelişen tarih boyunca paralel bir gelişme göstermiştir. Bu gelişmeler sayesinde her geçen gün denizler ve okyanuslar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmaktayız. Gelişen bu teknolojiler sanayi, turizm, akademik vb. birçok alanda aktif olarak değerlendirilmektedir. Karasal ortamdaki sistemlere kıyasla daha kısıtlı olsa da su altı görüntüleme sistemleri şu anki çağda aktif olarak iş yapmaktadır. Bu sayede dalıcılara ve çalışmalara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda yapılan kablosuz görüntü aktarımı çalışmaları bu alanda büyük yenilikler getirmeye başlamıştır. Ticari amaçlı yapılan dalışlarda dalgıç yardımı ile kullanılan kamera sistemleri, genel olarak belli ve sığ derinliklerde günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. Basit ve sığ derinliklerde gerek maliyet gerekse kullanım kolaylıkları sayesinde çokça tercih edilmektedir. Ancak daha derin ve ekstrem deniz bölgelerine inildikçe dalgıçların limitlerini kısıtlayan gaz kanunları devreye girmektedir. Buda sualtında görüntü aktarımını büyük ölçüde kısıtlamaktadır. Bu yüzden daha derin bölgelerde görüntü aktarımı için farklı tarzlarda ve amaçlarda tasarlanan robotik sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerin her birinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca normal dalıcılarla gerçekleştirilen çalışmalara göre oldukça maliyetlidirler. Ancak insan sağlığı açısından bu ekipmanların kullanımı zorunludur. Bu yüzden su altında yapacağımız işe göre görüntüleme sistemlerinden yardım almamız gerekecektir. Derin ve büyük alanlarda yapılan çalışmaya göre ROV, AUVS, Yandan taramalı sonarlar, batiskaflar vb. gibi teknolojik ekipmanlar, su altı görüntüleme sistemlerinde önemli bir yer tutmaktadır.

Gelişen teknoloji ve yapılan araştırmalarla ilerleyen yıllarda su altından kablosuz veri aktarımı gibi olanaklar geliştirilmesi durumunda insanların denizlerde çalışması daha da kolaylaşacaktır. Şu anki teknolojide kullanılan ekipmanlardaki veri aktarım kablolarının mesafesi hasar alması gibi durumlar, gerek dalıcıyı gerekte robotik cihazları büyük ölçüde sınırlamaktadır. Bu sınırlamalar kalkması durumunda, sualtında yapılacak tüm sanayi ve sportif dalışlardaki çalışmalar daha da etkili ve daha az sınırların etkisinde kalacaktır.

## TEŞEKKÜR

Çalışma, Ulusal Sualtı Bilimsel Araştırma ve Değerleri Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Azis, F.A., Aras, M.S.M., Rashid, M.Z.A., Othman, M.N. & Abdullah, S.S. (2012).** Problem identification for underwater remotely operated vehicle (ROV): A case study. *Procedia Engineering*, **41**, 554-560.
- Anamur, M.E. (2000).** *Türkiye'de Sualtı Belgeselciliği* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 81s.
- Blidberg, D.R. (2001).** The development of autonomous underwater vehicles (AUV); a brief summary. In *Ieee Icara*, **4**(1) 1-12.
- Boulouard, C. & Delauze, H. (1966).** Analyse palynoplantologique de sédiments prélevés par Le bathyscaphe "Archimède" dans La fosse Du Japon. *Marine Geology*, **4**(6), 461-466.
- Canlı, G.A., Kurtoğlu, İ., Canlı, M.O. & Tuna, Ö.S. (2015).** Dünyada ve ülkemizde insansız sualtı araçları (isaa-auv & rov) tasarım ve uygulamaları. *Gidb Dergi*, **4**, 43-75.
- Christ, R.D., & Wernli Sr, R.L. (2013).** *The ROV manual: a user guide for remotely operated vehicles*. Butterworth-Heinemann.
- Cox, T.L. (1968).** Safety in the Cachalot Saturation Diving System Operations. *Journal of Hydronautics*, **2**(4), 187-191.
- Duraklı, M., Seçil, Y., Yetimlar, Y. & Başoğlu, M. (2008).** Nöroloji Pratiğinde Az Rastlanan Bir Olgu: Dekompresyon Hastalığı. *Journal of Neurological Sciences*, **25**(1), 37-40.
- Flemming, B.W. (1976).** Side-scan sonar: a practical guide. *The international hydrographic review*, **53**(1), 65-92.
- Freiwald, A., Beuck, L., Rüggeberg, A., Taviani, M., Hebbeln, D. & R/V Meteor Cruise M70-1 Participants. (2009).** The white coral community in the central Mediterranean Sea revealed by ROV surveys. *Oceanography*, **22**(1), 58-74.
- Görgülü, A. (2019).** *Sualtı görüntüleme tekniklerinin sinemadaki yeri ve işlevi*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 206s.
- Hat Bracket - For Kirby Morgan 37 Diving Helmet | SMP Ltd UK. (n.d.). Retrieved April 25, 2023,** from <https://www.smp-ltd.com/shop/hat-bracket-suits-kirby-morgan-37-diving-helmet-handle/> (25 Nisan 2023)
- Hwang, J., Bose, N. & Fan, S. (2019).** AUV adaptive sampling methods: A review. *Applied Sciences*, **9**(15), 3145.
- Jamieson, A.J., Linley, T.D., Stewart, H.A., Nargeolet, P.H. & Vescovo, V. (2020).** Revisiting the 1964 Archimède bathyscaphe dive to 7300 m in the

- Puerto Rico trench, abundance of an elasipodid holothurian *Peniagone* sp. and a resolution to the identity of the 'Puerto Rican snailfish'. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, **162**, 103336.
- Johnson, H.P. & Helferty, M. (1990).** The geological interpretation of side-scan sonar. *Reviews of Geophysics*, **28**(4), 357-380.
- Klein, M. (2002).** Side scan sonar. *International handbook of underwater archaeology*, 667-678.
- Kamera/Işık Kolu-Fiyatı-Dalış Shop. (n.d.). Retrieved April 25, 2023,** from <https://www.dalishshop.com/urun/kamera-isik-kolu-26-37mm> (25 Nisan 2023)
- Lavest, J.M., Rives, G. & Lapresté, J.T. (2000).** Underwater camera calibration. In *Computer Vision—ECCV 2000: 6th European Conference on Computer Vision Dublin, Ireland, June 26–July 1, 2000 Proceedings, Part II* 6 654-668. Springer Berlin Heidelberg.
- Mahmutoğlu, Y., Albayrak, C. & Kadir, T.U.R.K. (2021).** Değişik Ortam Ve Sistem Parametreleri İçin Sualtı Kablosuz Optik Haberleşme Monte Carlo Kanal Kapasitesinin İncelenmesi. *El-Cezeri*, **8**(2), 567-581.
- McGlamery, B.L. (1980).** A computer model for underwater camera systems. In *Ocean Optics VI*(208, 221-231). SPIE.
- Munro, C. (2013).** Diving. *Methods for the study of marine benthos*, 125-173.
- Nakajoh, H., Osawa, H., Miyazaki, T., Hirata, K., Sawa, T. & Utsugi, H. (2012).** Development of work class ROV applied for submarine resource exploration in JAMSTEC. In *2012 Oceans-Yeosu* (pp. 1-5). IEEE.
- Öztürk, H. (2017).** *Hiperbarik oksijen ile tedavi edilen radyoterapi ilişkisiz hemorajik sistit olgularının retrospektif değerlendirmesi*. Tıpta Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Ana Bilim Dalı, İstanbul, 76s.
- Paull, L., Saeedi, S., Seto, M. & Li, H. (2013).** AUV navigation and localization: A review. *IEEE Journal of oceanic engineering*, **39**(1), 131-149.
- Pérès, J.M. (1965).** Aperçu sur les résultats de deux plongées effectuées dans le ravin de Puerto-Rico par le bathyscaphe Archimède. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts Elsevier* **12**(6), 883-891).
- Schjølberg, I. & Utne, I.B. (2015).** Towards autonomy in ROV operations. *IFAC-PapersOnLine*, **48**(2), 183-188.
- Shihada, B., Amin, O., Bainbridge, C., Jardak, S., Alkhazragi, O., Ng, T.K., ... & Alouini, M.S. (2020).** Aqua-Fi: Delivering Internet underwater using wireless optical networks. *IEEE Communications Magazine*, **58**(5), 84-89.
- Shortis, M. (2015).** Calibration techniques for accurate measurements by underwater camera systems. *Sensors*, **15**(12), 30810-30826.
- TSSF/CMAS. (2009).** *Bir Yıldız Dalıcı Eğitim Kitabı*. II. Baskı, Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu, 96.
- What is an Underwater ROV? (n.d.). Retrieved April 25, 2023,** from <https://bluerobotics.com/learn/what-is-an-rov/> (25 Nisan 2023)
- Yılmaz, S. & Kılıcı, S.B. (2020).** Otonom Sualtı Araçlarında Genel Tasarım İlkeleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **11**(1), 119-131.
- Zeng, J., Zhang, J., Xu, G., Yuan, G. & Cai, B. (2018).** Design of 300–Meters Saturation Diving Electrical Simulation Training System. In *The 28th International Ocean and Polar Engineering Conference*. OnePetro.