

Titan Batiskafı Kazası Üzerine Teknik Bir İnceleme

Münir Cansın Özden ^{1,2}

¹Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

²Datum Denizaltı Teknolojileri Uygulama ve Mühendislik A.Ş., İstanbul, Türkiye

^{1,2}ozden@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3807-2942

<https://doi.org/10.54926/gdt.1339171>

14 Nisan 1912 yılında batan ve 1 Eylül 1985'te enkazı bulunan Titanic en son 18 Haziran 2023'te kendini tüm dünyaya bir kez daha hatırlattı. Daha önce Titanic'e 90 kere dalmayı denediği ve bunların 13'ünde dalışı gerçekleştirebildiği bilinen Titan isimli batiskaf ile, aralarında bu aracın sahibinin de bulunduğu beş maceraperest, bugüne kadar sadece belgesellerde izledikleri bu tarihin en önemli gemi enkazını yakından görebilmek için Kuzey Atlantik'in derinliklerine daldılar. Titan dalışa geçtikten 1 saat 45 dk sonra yüzeyde onları izleyen anagemi ile irtibatı koptu ve o andan itibaren tüm dünya nefesini tutarak bu denizaltı ve içindeki kazazedelerle ilgili haberleri takip etmeye başladı. Denizaltıdan sinyal alındığı, arama kurtarma çalışmalarının başladığı belirtiliyordu. Herkes bir yandan gözü kulağı bu kazada, bir yandan da denizaltıların çalışma prensiplerini araştırıyor ve Titan'ın neden batmış olabileceği sorusuna cevap arıyordu. İşte bu süreçte bana da, Denizaltılarla ilgili hem teorik hem de pratik araştırmalar yaptığımı bilen arkadaşlarım ulaştılar ve kazayla ilgili fikirlerimi sordular. Konunun çok merak uyandırması üzerine bende de, hem İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (İTÜ) denizaltılarla ilgili çalışmalar yürütüyor olduğum, hem İTÜ ve Pîrî Reis Üniversitesi'nde Denizaltı Tasarımının Temelleri dersini vermekte olduğum, hem de 15 yıldır özellikle mini denizaltılar üzerine çalışmalar yaptığım için teknik bir inceleme yazısı hazırlama fikri oluştu. Bu yazıyla konu hakkındaki düşüncelerimi teoriye çok değinmeden ara notlar da ekleyerek açıklamaya çalışacağım. Bunu yaparken de hem bir denizaltı tasarımcısının gözünden konuya yaklaşmaya çalışacağım hem de 250.000\$ bilet ücreti ödeyerek böyle bir aracın içine girip o derinliğe bir seyahati gerçekleştiren bu maceraperest zenginleri anlamaya çalışacağım.

İngilizce submarine ve submersible diye iki ayrı kelime vardır, Titan denizaltı denilen submarine'den ziyade bir submersible yani Türkçe'de de kullandığımız tabiriyle "batiskaf" tipi araçtır. Submarine dediğimiz denizaltılar şekli puroyu andıran kışta + veya x şeklinde dört dümeni ve baş kısımda veya yelken dediğimiz üst yapısı üzerinde yatay dümenleri bulunan ve bir veya iki pervanesi olan sualtı araçlarıdır. Batiskaf dediğimiz araçlar ise daha çok derin dalışlarda okyanus araştırmaları için veya eğlence amaçlı lüks yatlarda kullanılan baş kısımda bulunan büyük bir lumbuzdan dışarının izlenebildiği sualtı araçlarıdır. Bunlar bazen pozitif sephiyede yani motorları durduğu anda suyun kaldırma kuvveti ile yukarı çıkabilecek tipte de üretilebilirler. Ancak genellikle tıpkı denizaltılar gibi dalış ve çıkışı sağlayan ana dalma sarnıçları (denizaltı literatüründe tanka "sarnıç" denir), denizaltının trim ve meyilini düzeltecek trim sarnıçları ve farklı yoğunluklu sularda veya dalış esnasında daralan mukavim tekne (denizaltının içinde personel ve kuru kalması gereken elektrik elektronik vd. cihazlarının bulunduğu içi

1 atmosfer (atm) basınçtaki gövdesine mukavim tekne denir) çapını tolere edecek şekilde ayar sarnıçlarına sahip olacak şekilde üretilirler. Batiskafı genel olarak üç tipte gruplamak mümkündür:

1- Anagemiden indirildikten sonra (mothership) ona umbilical denilen bir kablo ile bağlı olarak çalışan otonom olmayan submersibleler.

2- Anagemiden (mothership) indirildikten sonra kendi kendine hareket edecek şekilde çalışan otonom submersibleler.

3- Tamamen bağımsız şekilde bir destek gemisine ihtiyaç duymadan hareket edebilen bağımsız submersibleler.

Oceangate Titan batiskafı yukarıda sayılan üç tip batiskaftan ikinci tip olan otonom submersible tipine uygun bir modeldir. Yani bir destek gemisi tarafından dalışını yapacağı bölgeye kadar getirilir, burada o gemiden indirilir ve görevini yerine getirir sonra satha kendi imkânları ile çıkar. Sonrasında yine bu destek gemisi üzerindeki ekipmanlar (A frame vb. kaldırma vinçleri, launch/recovery rampaları vs.) kullanılarak araç gerisin geri gemiye alınır. Titan batiskafı anagemiden bir platform ile suya indirilmekte ve bu platform kullanılarak dalışına başlamaktaydı (URL 1). Bu yöntem sayesinde Oceangate ana dalma sarnıçlarına sahip olmayan sadece bir mukavim tekne ve sevk ekipmanlarına sahip bir batiskaf ortaya koymuştur. Bunu aracın kullanımını basitleştirmek ve ebatlarını ufaltmak için yaptıkları sanılmaktadır. Bu yöntem batiskaflarda daha önce de kullanılmış bir yöntemdir. Yöntemle ilgili ayrıntılar Amerikan Gemi Mühendisleri Odası (SNAME - Society of Naval Architects and Marine Engineers) tarafından yayınlanmış Submersible Vehicle Systems Design Kitabı'nda örnekleriyle anlatılmaktadır (Allmendinger, 1990).



Şekil 1. Titan Batiskafı

Bir denizaltı ile batiskaf arasındaki farkı detaylı bir şekilde açıkladıktan ve batiskafı da kendi içinde gruplara ayırdıktan sonra Titan Batiskafı'nda meydana gelen kazanın detaylarına geçilebilir. Buradaki sorunun temelinde yatan neden Titan'ın tasarım ve inşasında "klas kuruluşu" dediğimiz üçüncü taraf bir kontrol kuruluşunun bulunmuyor oluşudur.

Belli bir adetten fazla yolcu taşıyan, belli bir boydan büyük veya özel tipte gemileri kendi kurallarınıza göre yapıp kullanamazsınız. Nasıl ki otomobilinizi götürüp TÜV’de periyodik muayeneye sokuyorsunuz, aynı onun gibi geminizin tasarım ve inşasını denetleyen ve inşa sonrasında test eden “klas kuruluşu” (classification society) kuruluşlar vardır. Türkiye’nin Türk Loydu, Norveç’in Det Norske Veritas, Rusya’nın Russian Maritime Register of Shipping, İngiltere’nin Lloyd’s Register ve Amerika’nın ABS American Bureau of Shipping gibi klas kuruluşları farklı gemilerin ve bunlara ait sistemlerin sağlanması gereken şartları belirleyen kural kitapları hazırlarlar. Bu klas kuruluşları genel olarak plan onay, malzeme sertifikasyonu ve sörvey kısımlarından oluşur. Plan onay kısmı, kayıtları altına alacakları yeni inşa edilen gemileri, henüz daha tasarım aşamasındayken, yukarıda bahsedilen kural kitaplarına uygun olarak tasarlanıp tasarlanmadıklarını denetleyerek başlar. Sertifikasyon kısmı, gemide kullanılacak ekipmanların ya tip onaylı, (yani üretici tarafından klas kuruluşlarının isterlerine göre üretilmiş ve gerekli testler tatbik edilerek isterleri sağladığı gösterilmiş) ya da benzer şekilde hem kullanılan malzemeler hem imalat hesaplarının detaylı kontrolüyle hem de imalat sonrası çalışma şartlarının çok üstünde belirlenmiş test koşullarında güvenilirliği kanıtlanmış olduğunu denetler. Önemli ekipmanların fabrikada yine klas kuruluşu tarafından belirlenmiş şartları sağladığının test edildiği fabrika kabul testleri yapılır. Sörvey kısmı ise geminin inşası boyunca yapılan tüm işlemlerin yine kural kitaplarına uygun şekilde gerçekleştirildiğini denetler. Gemi tamamlandığında öncelikle tüm sistemlerin çalışırılığının görüldüğü liman kabul testleri gerçekleştirilir. Sonrasında da deniz tecrübelerinde gemiye ait tüm sistemler yine klas kuruluşunun kural kitaplarında belirlendiği şartlara göre test edilir ve ancak bu testlerde başarılı olduktan sonra geminin denize çıkabilmesi için gerekli klas onayı verilir.

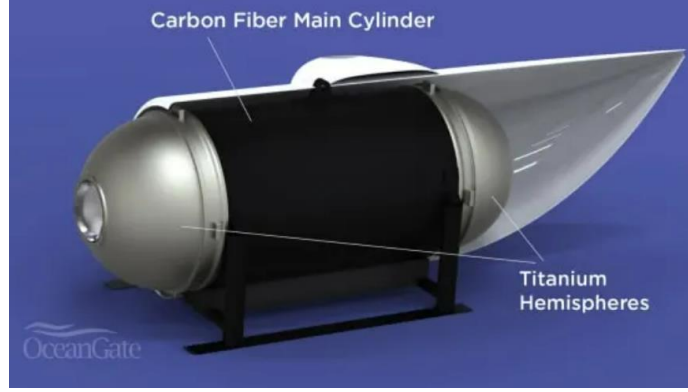
Denizaltı ve batiskafların tasarım ve inşası ile meşgul tasarımcılar ve mühendisler klas kuruluşlarının kural kitapları ile sıklıkla haşır neşir olmaktadır. Bu kural kitapları denizaltıların sağlanması gereken minimum güvenlik önlemlerini ortaya koymaktadır. Bu kural kitaplarına uygun olarak inşa edilmiş olan batiskafların anagemi ile bağlantısının kesilmiş olması çok da büyütülecek bir sorun teşkil etmemektedir. Böyle bir durumda devreye sokulabilecek pek çok güvenlik senaryosu geminin klas kuruluşu kontrolünde yapılan deniz testleri sırasında denenmekte ve çalışırılığından emin olunmaktadır. Ancak Titan hiçbir klas kuruluşunun denetiminde yapılmamıştı. Bu durumda Titan’ın klas kuruluşu denetiminde yapılan denizaltılara nazaran ne gibi farklılıklarının olduğunu ve bu farklılıkların güvenlik açısından etkilerini aşağıdaki ana tespitler üzerinde inceleyebiliriz;

- a- Batiskafın mukavim teknesinin (yani insanların içinde buldukları basınca dayanıklı kısım), nasıl ve kaç metreye kadar test edildiğine dair bir açıklamaya ulaşamamıştır,
- b- Aracın oksijen kapasitesi kural kitaplarında sağlanması gerekene göre yaklaşık %45 daha azdır,
- c- Aracın kumandasının herhangi bir sertifikaya sahip olmayan bir oyun konsolu ile yapılıyor oluşu,
- d- Aracın kurtarma şamandırasının bulunmuyor oluşu,
- e- Batiskafta hatch olarak isimlendirilen giriş çıkış kaportasının bulunmuyor oluşu,
- f- Araçta ana dalma sarnıçlarının bulunmuyor oluşu ve atılabilir safranın iptidai oluşu,
- g- Aracın kendi üzerinde bir navigasyon sisteminin bulunmuyor oluşu.

Şimdi bu tespitleriyle sırasıyla daha yakından inceleyelim.

a- Titan'ın mukavim teknesi üzerine

Arama çalışmaları tamamlanıp enkaza ulaşıldıktan sonra Ocean Gate'in mukavim teknesinin çökmesi sonucunda battığı anlaşılmıştır. Öncelikle Titan'ın indiği 4000m derinlik hiç azımsanacak bir derinlik değildir. Ancak derin deniz araştırmaları konusu söz konusu olduğu zaman Jacques Piccard'ın 1960 yılında Trieste isimli submersible ile 10,916m derinliğindeki Mariana Çukuru'nun en derin noktası olan Challenger Deep'e indiği hatırlanmalıdır.



Şekil 2. Titan Batiskafı'nın titanyum ve karbon fiberden oluşan mukavim teknesi

Denizaltı mukavemet hesaplarında üç farklı derinlik ve bunlara bağlı üç farklı basınçtan bahsedilir, bunlar: Nominal Dalış Derinliği <Test Dalış Derinliği <Çökme Dalış Derinliği' dir.

Bunlardan CDD (Collapse Diving Depth), denizaltının tasarım hesaplarının yapıldığı teorik çökme dalış derinliğidir. NDD ise bu çökme basıncına göre güvenlik katsayıları konularak hesaplanmış olan mukavim teknenin çalışmasına izin verilen maksimum derinliktir. Ancak mukavim tekne dayanımının gösterimi için hesapla yetinilmemekte ve mutlaka bir test ile mukavim teknenin istenen basınca dayandığının gösterilmesi istenmektedir. Örneğin; NDD 4000m derinlikte çalışması istenilen bir denizaltının tasarımında, kurallardaki güvenlik katsayıları nedeniyle 6920m'de çökecek şekilde düşünerek malzeme kalınlıklarına ve destek elemanlarının boyutlarına karar verilmektedir. Sonrasında denizaltının mukavim teknesinin inşası tamamlandıktan sonra bir sefere mahsus 4800m'ye daldırılarak test edilmesi gerekmektedir. Ancak 4800m'de mukavemeti kanıtlanmış olan denizaltı 4000m'ye maksimum 1000 kere dalış gerçekleştirebilir. Bu derinlikler aşağıda verilmiştir:

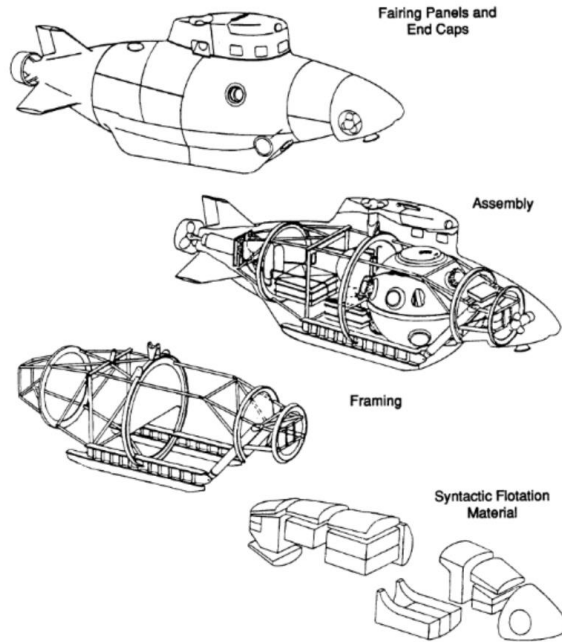
$$4000\text{m (NDD)} < 4800\text{m (TDD)} < 6920\text{m (CDD)}.$$

4800m derinlikte test edilen denizaltının 4800m'ye göre sertifikalandırılmaması ve ancak 4000m'de çalışma basıncında çalıştırılmasına müsaade edilmesindeki amaç, ortaya çıkabilecek malzeme yorulması ve kullanıma bağlı kusurların tehlike yaratmasının önüne geçebilmektir.

Şekil 2'de görüldüğü gibi (URL 2), Titan denizaltısının mukavim teknesinin bombe ve flanş kısımları titanyum ve silindirik kısmı karbon fiber malzemeden imal edilmiştir. Bu malzemeler denizaltı imalatında daha önce kullanılmış malzemelerdir ancak kompozit malzemeden mukavim tekne imalatı hala üzerine çalışılan bir araştırma geliştirme konusudur. Karbon fiber malzemenin çeliğe göre çok daha yüksek dayanıma ve çok daha düşük yoğunluğa sahip olduğu bilinmektedir. Bunun yanında gerek izotropik olmayan (yani malzeme mukavemet özellikleri elyafın örgü yönüne göre değişim gösteren)

bir yapıya sahip olması nedeniyle çelik veya titanyum gibi izotropik olan malzemelere göre davranışı daha karmaşıktır. Diğer yandan karbon fiberin basınç altında denizaltının karşılaştığı akma ve burkulma hadisesi esnasında üzerine gelen yükler altındaki davranışı tam olarak anlayamamış ve bununla ilgili hesaplar ve klas kuralları henüz tam olarak oluşturulamamıştır. Diğer yandan titanyum malzemesi uzun yıllardır başta Rusya olmak üzere denizaltı inşasında kullanılmakta ve bu malzeme ile ilgili hesaplar, imalat ve kaynak prosedürleri daha detaylı olarak anlaşılabilmiştir.

Oceangate Firması'nın Titan'ın boyutlarını mümkün olduğunca küçük ebatla tutabilmek için, daha bilindik, standart çelik malzemelerin kullanılmasını tercih etmediği ve onun yerine aslında çok da kendini kanıtlamamış ve kontrol edilemez olduğuna inanılan karbon fiber yapıyı seçtiği değerlendirilmektedir. Hızlı bir mukavim tekne boyutlandırma hesabı yapıldığında, standart basınçlı kap çeliği (P355 türevi) kullanılması durumunda bu batiskafın 130mm'den daha kalın bir mukavim tekne sacı ile ancak bu basınca dayanabilecek mukavemeti sağlayacağı görülmektedir (Çelik için yapılan hesaplamada 4m mukavim tekne boyu ve 1500mm dış çap düşünülmüş ve 300 mm aralıkla 45mm kalınlıkta 140 mm yükseklikte kemereler yerleştirilmiştir). Bu şekilde imal edilen denizaltının sadece mukavim teknesi yaklaşık 30 ton ağırlıkta olacak ve hacmi ise sadece 9 m3 civarında kalacaktır. Yani mukavim tekne ağırlığının deplasmana oranı standart bir çelik malzemede yaklaşık %300'ü bulmakta hatta geçmektedir. Yani bu denizaltıyı yüzdürebilmek ve suyun altında nötr sephiyede tutabilmek için aradaki yaklaşık 20 tonluk ağırlığı dengeleyebilecek bir sephiyeye ihtiyaç duyulacaktır.

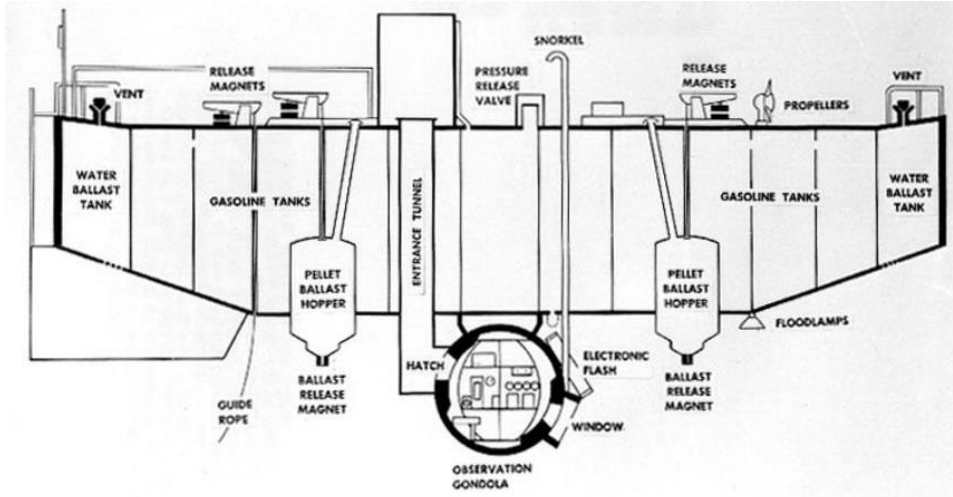


Şekil 3. Syntactic köpüğün batiskafalarda kullanımı

Sephiyeyi dengeleyecek ancak diğer taraftan da yine 4000m derine inildiğinde şeklini kaybetmeyecek bir malzeme ile bu sephiyenin sağlanabilmesi gerekmektedir. Bu da genellikle syntactic foam denen basınca dayanıklı bir tür köpük ile sağlanabilmektedir. Ancak eklenen her sentetik köpük (syntactic foam) bloğu sephiyeye kendi ağırlığı kadar katkı yapacağı için bu denizaltıya yaklaşık 25 m3 sentetik köpük eklenmesi icap edecektir ve geminin toplam ağırlığı diğer malzemelerle beraber 40 tonu geçecek ve boyutları 10-12 metrelere yaklaşacaktır. Bu tarzda bir küresel mukavim tekne ve onu yüzdürmek

için kullanılan sentetik köpük bloklarının görüldüğü bir batiskaf tasarımı Şekil 3'te verilmiştir (Allmendinger, 1990). Syntactic foamun henüz keşfedilmediği 1960 senesinde Piccardlar Trieste batiskafında Şekil 4'te görüldüğü gibi (URL 3), 2.4m çapındaki bir çelik küreyi yüzdürebilmek için içi suya göre daha düşük yoğunluğu olan benzin ile doldurulmuş 18.14 m boyunda ve 3.51 m genişliğinde bir tank kullanmıştı.

Mukavim tekne imalatında kullanılmak üzere araştırılan farklı malzemeler arasındaki bu karşılaştırma Stan Zimmerman'ın "Submarine Technology for 21st Century" kitabında verilmiştir (Zimmerman, 2006).



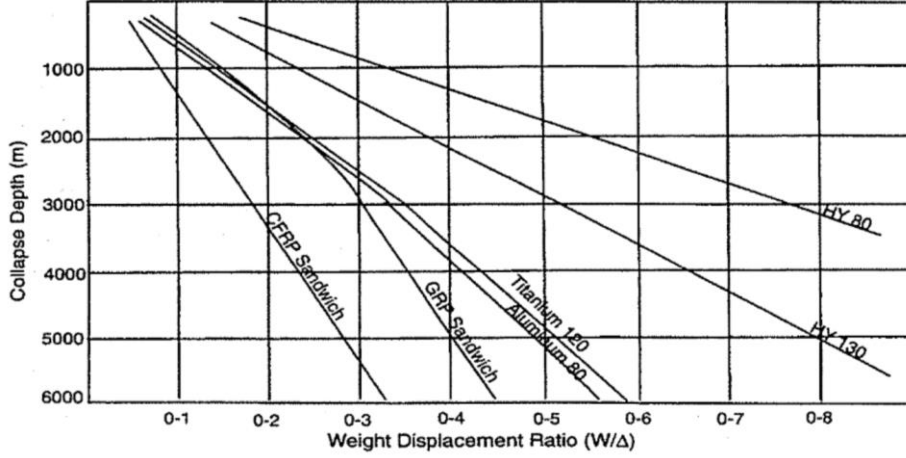
Şekil 4. Trieste batiskafı

Bu grafik, çökme derinliği ile mukavim tekne malzemesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Yatay eksen, denizaltının mukavim teknesinin toplam ağırlığının deplasmanına (taşıracağı suyun ağırlığı) oranını vermektedir. Yani mesela Türk Bahriyesi'ndeki denizaltıların imalatında kullanılan HY80 tipi malzeme ile 3000m'ye dalan bir denizaltı mukavim teknesi yapılırsa mukavim teknenin ağırlık/hacim oranı yaklaşık %77 olacaktır. Ancak karbon fiber takviyeli bir gövde ile bunu %18 mertebesinde sağlamak mümkün olmaktadır (Zimmerman, 2006).

Oceangate firması, Titan'ı küçük ebatta ve hafif bir araç olarak bitirmek istemiş olmalıydı. Çünkü bu sayede denizaltıyı daldırmak için ihtiyaç duyacağı yardımcı sistemler çok daha düşük kapasiteli olacaktır. Bu sebepten mümkün olduğunca yüksek teknoloji bir mukavim tekne malzemesi kullanmak istemiş ve kolaylığı güvenliğe tercih etmiş oldu. NASA'nın mukavim teknenin imalatında Ocean Gates'e danışmanlık verdiği ve üretime destek olduğu basına yansımış ancak testleri kendilerinin gerçekleştirmediğini açıklamıştır. İnternette Titan'ın mukavim teknesini nasıl ve kaç metrede test ettiklerine dair bir bilgiye rastlanamamakta ancak yukarıda değinildiği gibi, 4000m'de çalışacak bir denizaltının hesaplarının 6920 m'ye göre yapılması ve aracın dayanımı 4800m'de test edilmesi gerekirdi. Titan mukavim teknesinin çökmesi sonucu battığına göre bunun üç sebebi olabilir; ya bu testlerin icra edilmemiş olduğu, ya mükerrer dalışlar sonrasında ilk testlerde görülmeyen bir yorulma hadisesinin ortaya çıkmış olabileceği ya da dikkate alınmayan lokal bir deformasyonun yük altında büyüyerek yapıyı çökerttiği düşünülebilir.

Norveç Loydu, Det Norske Veritas, İsveç'te inşa edilmiş kompozit Visby firkateynini klaslayan ve kompozit üretiminde en tecrübeli klas kuruluşlarından. DNV'nin batiskaflarla ilgili kurallarına

baktığımızda (URL 6), Fiber takviyeli plastiklerin denizaltıda sadece basınç yükü taşımayan üst kaplamalarda ve içten basınçlı gaz tankları gibi pressure vessel adı verilen ekipmanlarda kullanımına müsaade ettiği görülmektedir. Kurallar karbon veya diğer kompozit türevlerinin mukavim tekne imalatında kullanılmasına izin vermemektedir. Her ne kadar şimdi bu kuruluşların adı pek geçmese de internetten eski haberler incelendiğinde Oceangate'in mukavim teknesinin karbonfiber olan silindir kısmının imalatında Boeing ve NASA ile çalıştığı bilgilerine rastlanmaktadır. Yani yüksek teknolojik olan bu kısmın aslında hala araştırma geliştirme safhasında olduğu ve sivil kullanıma henüz uygun olmadığı acı şekilde tecrübe edilmiş oldu.



Şekil 5. Denizaltı mukavim teknesi imalatında kullanılacak malzemelerin dayanım derinliği-ağırlık/deplasman oranı karşılaştırması

b- Titan'ın Oksijen Kapasitesi Üzerine

Titan'ın enkazına ulaşıp da çökme sonucu battığı anlaşılmadan önce batiskaftakilerin hala hayatta olduğuna ve yardım belediklerine inanılıyordu. Olayın gerçekleşmesinden ve arama çalışmalarının başlamasından birkaç gün sonra Amerika Birleşik Devletleri Donanması'ndan bazı yetkililer Titan'ın battığı bölgeye yakın bir bölgeden her yarım saatte bir kendini tekrar etmesi sebebiyle kesinlikle bir insan tarafından çıkarıldığına inanılan bir ses tespit ettiklerini açıkladılar. Bununla beraber de Titan'da kalan oksijen kapasitesi sayılmaya başlandı ve oksijen kapasitesinin tükenmesi ile beraber de henüz yeri tespit edilemeyen denizaltıdakilerin canlı kurtarılma ihtimalleri tamamen sona erdiği duyuruldu. Yani Titan'ın mukavim teknesi çökmemiş olsa bile içeridekilerin kurtarılması hem de tüm dünya bunun için seferber olmuş olmasına rağmen mümkün olmayacaktı. Çünkü Titan, hiçbir klas kuruluşu kuralına uygun olarak inşa edilmemişti.

Batiskaflarda mürettebatın soluduğu havada %19 ile %23 oranları arasında oksijen bulundurulması istenmektedir. Bu değerlerin altı baygınlık riski/ölüm ve bu değerlerin üstü yangın riski taşımaktadır. Diğer yandan ortamdaki karbondioksit seviyesinin de %0.01'in altında tutulması istenmekte ve %2'nin üzerine çıkması ise ciddi zehirlenmelere neden olmaktadır. Batiskaflarda oksijen özel tüplerde tutulmakta ve bu tüpler genellikle aracın dışında bulunmaktadır ve içeriye borularla girişleri yapılmaktadır. CO2 gazının tutulması ise aracın içerisindeki havanın fanlar aracılığıyla sodalime adı verilen bir tür kimyasalın içerisinden geçirilerek filtrelenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Türk Loydu Submersible inşa kuralları (URL 5), tıpkı Det Norske Veritas kuralları (URL 6) gibi, bir batiskafın

operasyonda kullanılacak oksijen ve sodalime miktarına ek olarak tüm personele en az 168 saat daha yetecek oksijen ve solunum sırasında oluşacak CO2 gazının da tutulabileceği kadar sodalime bulundurulmasını istemektedir. Kurallar, bu solunum sisteminin denizaltının ana elektrik sistemi arıza yapsa dahi çalışabilecek harici bir acil durum elektrik sistemine bağlanmasını şart koşmaktadır.

18 Haziran günü dalışına başladıktan sonra anagemi ile irtibatı kopan Titan batiskafı, 22 Haziran'da yaklaşık 120 saat sonra bulunabilmiştir. Oceangate'in, Titan'ın oksijen kapasitesini 96 saat ile sınırlamış olmasının sebebinin; yine yukarıda bahsedilen boyut kısıtları olduğu düşünülmektedir. (kural kitaplarında zorunlu kılınan 168 saatlik kapasitenin %45 eksiği). Yani Titan mukavim teknesinin çökmesi sonucu batmamış ve içerisinde bulunan insanlar hayatta ve yardım bekliyor olsalardı da bu sefer de oksijensiz kalarak hayatlarını kaybedeceklerdi. Bu da yine aracın tasarımında yapılmış olan çok mühim bir güvenlik eksiği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Titan'ın kaybolması tüm dünyanın takip ettiği önemli bir haber olmuş ve kazazedelerin kurtarılması için derhal çok uluslu bir operasyon başlatılmıştır. Arama ve kurtarma çalışmaları için seferber olunmasına rağmen aracın bulunması beş gün sürmüş ve enkazın çıkarılması ise on gün sürerek 28 Haziran tarihinde mümkün olabilmiştir. Titan içindeki kazazedeler hayatta kalmış olsalardı da sadece yerlerinin bulunması yeterli olamayacak, kurtarılmaları için batiskafın satha çıkarılması icap edecekti. Bu işlemin on gün sürmüş olduğu göz önünde bulundurulduğunda bırakınız 96 saati 168'in bile yetersiz olduğu ve klas kurallarının 168 saat olan acil durum oksijen kapasitesinin 240 saate çıkarılması gerektiği değerlendirilmelidir.

c- Titan'ın bir oyun konsolu ile kumanda ediliyor olması üzerine

Titan'ın Oceangate'in sahibi Stockton Rush ile beraber dört yolcu ile battığı ve bu yolcuların Titanic Gemisi'nin enkazına dalabilmek için 250.000\$ ödedikleri bilinmektedir. Bu bilet fiyatı çok yüksek olduğu değerlendirilebilir bir tutar ve bu dört kişinin birleşerek 1 milyon dolar önermeleri durumunda dünyadaki bu derinliğe dalabilen herhangi bir batiskafı kiralayabilecekleri ve onunla da bu dalışı gerçekleştirebilecekleri değerlendirilebilir. Ancak Oceangate firması burada diğer batiskafıların sağlayamayacağı başka bir deneyimi pazarlamaktaydı. Aracın kullanımı o kadar basitleştirilmişti ki, ziyaretçiler sadece akrilik bir pencereden Titanic'i izlemekle kalmıyor aynı zamanda bu batiskafı kumanda etme ayrıcalığına da sahip olabiliyorlardı. Batiskaf imalat kuralları, aracın kumanda konsolu ile ilgili herhangi bir kısıtlama getirmemektedir. Yani Oceangate bu kumandayı tip onaylı veya gerekli testlerden geçirilerek Titan'da kullanması mümkün olmaktadır. Ancak bu sistemin arıza yapması durumunda bir yedeğinin bulunması sağlanmalı ve bu sistem bozulsa bile batiskafın güvenle satha çıkabilmesini sağlayacak ikincil bir sistemin daha sağlanması gerekmektedir.

d- Aracın kurtarma şamandırasının bulunmuyor oluşu üzerine

Titan denizaltısının Titanic gemisinin enkazına dalmış olduğu nokta biliniyor olmasına rağmen arama çalışmaları okyanus akıntıları ile aracın sürüklenmiş olma olasılığına karşın yaklaşık 20 km²'lik bir alanda yapıldı ve yaklaşık beş gün sonunda aracın enkazına ulaşılabildi. Oysa yine klas kuralları, batiskaflarda bir acil durum şamandıra sistemi bulunmasını ve satha kendi imkanları ile çıkamayan bir aracın içerisinden mekanik yolla bırakılacak bir acil durum şamandırasının bulundurulmasını şart koşmaktadır. Bu şamandıra Titan gibi derin dalış yapan batiskafalarda herhangi bir ipe bağlı olmaksızın salınan ancak akıntı çapası ile atılarak rüzgarla uzaklaşmasına mani olunan ve satha çıktığı zaman acil durum sinyali

yayınlayan bir sistemdir. Yine Titan batiskafı içerisindeki kazazedeler hayatta kalmış olsalardı bile böyle bir şamandırayı bırakarak kurtarma ekiplerinin onları daha hızlı bulmasını sağlayacak önemli bir güvenlik sisteminden mahrumdular. Bu husus da yine kural kitaplarındaki acil durum önlemlerinden birinin eksikliğini gözler önüne sermektedir.

e- Batiskafıta giriş-çıkış kaportasının bulunmuyor oluşu

Yine kural kitapları, batiskafılarda içerideki personelin araca giriş çıkış yapabileceği en az bir adet kaportanın (hatch) bulunmasını şart koşmaktadır. Bu kaportanın hem içeriden hem de dışarıdan açılabilmesi istenir ki içerideki personel baygın durumda olursa bile satha çıkarılan aracın kaportası dışarıdan açılabilir ve içerideki personel kurtarılabilir. Bu kaportanın da yine test dalış derinliğine dayanıyor olması ve sadece bir değil iki kilitle kilitlenebilmesi beklenmektedir.

Titan batiskafında böyle bir kaporta bulunmuyordu. Aracın baş kısmındaki titanyum bombe, aracın karbon elyaftan üretilen silindir gövdesine civatalarla bağlanmaktaydı. Yani Titan kendi imkanlarıyla bile satha çıkabilse içerideki personel mahsur kalmaya devam edecek ve araçtan yardım gelene kadar çıkamayacaktı. Bu husus da yine kural kitaplarına ve mantığa aykırı bir başka durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

f- Titan Batiskafı'nın sarnıçları ve acil durum sahra bırakma sistemi üzerine

Yine klas kuralları, batiskafılarda deplasmanlarının %10'unundan fazla bir rezerv sephiyeye sahip olmalarını istemektedir. Yani bir batiskafının suya konulduğunda taşıdığı suyun %10'u kadar toplam kapasitesi olan ana dalma sarnıçlarının bulunması ve satıhta iken bu sarnıçların hava ile doldurulabilmesi istenmektedir. Bu sarnıçların en büyüğünün hacminden daha az olmamak kaydıyla da atılabilir balast olması istenmektedir ki bir arıza durumunda sarnıçların içine hava üflenerek sarnıçlar içindeki su boşaltılamazsa bile bu ağırlıklar atılarak araç yine satha çıkarılabilir.

Titan Batiskafı'nda ana dalma sarnıcı olmadığı görülmüştür. Ancak denizaltılardaki mukavim ayar sarnıcına benzer bir acil durum sarnıcı bulunmaktaydı. Bu sarnıç normal şartlarda yarısı suyla dolu olarak muhafaza edilmekte ve inilen derinlikle beraber aracın hacmindeki değişikliği kompanse etmekte kullanılmaktaydı. Derine inildikçe değişen yoğunluk ve basınca karşı aracın dengede kalması için bu sarnıca su alınmakta veya sarnıçtan dışarı su boşaltılmaktaydı. Bu sarnıç içerisindeki suyu dışarı boşaltabilmek için 10000psi (yaklaşık 699.5 bar) basınçta hava bulundurulmaktaydı. Bir acil durum anında bu tanktaki su vanalar açılarak tahliye edilmekte ve hafifleyen batiskaf yukarı doğru harekete başlamaktaydı.

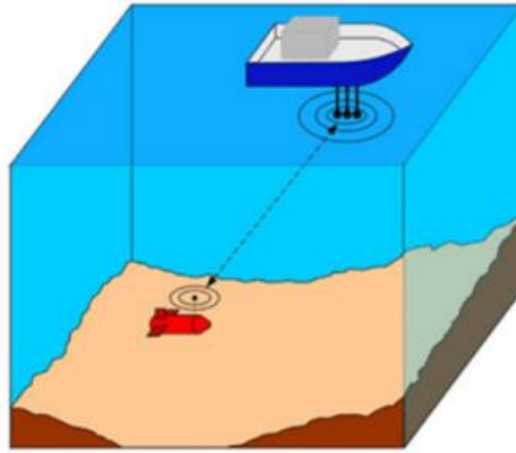
Titan'daki yolcular araç içerisinde bir koltuk bulunmadığı için bağdaş kurarak oturmaktaydılar. Acil bir durumda uygulanacak bir diğer güvenlik önlemi ise oldukça iptidai görünen, çelik borular ve kum torbalarından oluşan bir sahra sistemiydi. Bu sahra batiskafının içerisinden bir hidrolik kol ile salınabilmekteydi. Ancak görüldüğü kadarıyla araç içerisinde hidrolik motorların bozulması ihtimaline karşı mekanik bir hidrolik pompa veya diğer bir bırakma sistemi bulunmamaktaydı. Bu da aracın elektrik sisteminde meydana gelebilecek bir sorunda safraların bırakılamayacağı anlamına gelmekteydi. Böyle bir ihtimale karşı safraların mukavim tekneye bağlantı noktaları suda 16 saatte eriyen bir malzemenin imal edilmişti. Bu sayede araç tüm sistemleri bozulmuş bir halde dipte kalırsa bile 16 saat içerisinde bu safraları tutan aparatlar eriyecek, safralar araçtan kurtularak aracı hafifletecek ve su üstüne çıkışını sağlayacaktı. Tabi böyle bir çıkış yavaş başlayacak ancak aracın pozitif sephiyesi, üzerine etkiyen

kuvvetle eşitlenene kadar hızlanmaya devam edecek ve erişebildiği maksimum süratte sabitlenecekti. Bu da aracın sathı ulaştıktan sonra suyun dışına fırlaması ve sonra sert bir şekilde suya geri düşmesi anlamına gelmektedir ki bu halde Titan'da bağdaş kurarak oturmuş olan yolcuların ciddi bir hasar almadan kurtulmaları büyük mucize olacaktır.

Bu durumda denilebilir ki batiskaf mukavim teknesinin çökmesi sonucu parçalanmasaydı ve içerisinde bulunan insanlar hayatta kalmış olsalardı (bir elektrik kesintisi ile pervaneleri devre dışı kalması halinde) batiskafı sathı güvenli bir şekilde çıkarmaları veya içinden sağlam olarak çıkmaları mümkün olmayabilirdi. Araçta bir giriş/çıkış kaportası da bulunmuyor olduğundan ötürü batiskaf sathı çıksa bile yolcular içinden çıkamayacaklardı.

g- Aracın kendi üzerinde bir navigasyon sisteminin bulunmuyor oluşu

Yine basına yansıyan güvenlik sorunlarından birisi de Titan'ın kendi üzerinde bir navigasyon sistemi bulundurmuyor oluşuydu. Kural kitapları navigasyon sistemi ile ilgili olarak kapsamlı bir sınırlama getirmemekte ve araçta en az bir gyro pusula olması koşulunu şart koşmaktadır. Gerek araç üzerindeki sponsor firma logolarından ve gerekse de aracın kara kutusundan duyulan pinger seslerinden anlaşıldığı kadarıyla Titan, bir Fransız firmaya ait USBL (ultra short baseline) tarzı navigasyon sistemi ile anagemiye bağlı olarak navigasyon sağlamaktaydı. Şekil 6'da verildiği gibi (URL 4), USBL sistemlerinde sualtındaki araç üzerinde bir gürültü kaynağı pinger bulunmakta ve su üstünde GPS uyduları üzerinden kendi konumunu bilen anagemiye olan mesafenin ölçülmesi ile konum saptanmaktadır. Titan'ın videolarında anlaşıldığı kadarıyla araç, kuralları sağlayacak şekilde dahili bir pusula veya daha üst düzey bir seyrüsefer sistemine sahip değildi.



Şekil 6. Titan'da kullanılan USBL tarzı pozisyonlama sistemi

Titan Batiskafı'ndaki güvenlik sorunlarına değindikten sonra süreçle ilgili olarak da bazı yorumlar yapmakta fayda görülmektedir. Arama çalışmaları başladıktan kısa bir süre sonra Amerikan Donanması'na bağlı bazı kişiler yarım saatte bir tekrar etmesi nedeniyle insan kaynaklı olduğundan emin oldukları bir sinyal aldıklarını açıkladılar ve bu, kurtarma operasyonunu takip eden herkeste kazazedelerin hayatta olduklarına dair bir umut uyandırdı. Ancak beşinci günde aracın enkazına ulaşıp Titan'ın mukavim teknesindeki çökme nedeniyle batmış olduğu anlaşılınca Amerikan Donanması'ndan

ikinci bir açıklama daha geldi ve sonar sistemlerinin aslında 18 Haziran 2023 günü bu bölgede bir patlama olduğunu tespit ettiği ve başından beri Titan'ın ne zaman ve nasıl battığını bildiklerini açıkladılar. Titan'ın mukavim teknesinden kalanlar incelendiğinde aracın bir sızdırmazlık sorunu nedeniyle içine su almadığı ve mukavim teknesinin karbon elyaftan imal edilmiş olan kısmının milisaniyeler içinde parçalanmasına neden olacak şekilde içe çökerek patladığı anlaşılmıştır. Bu çökme anında düşük frekansta ve yüksek dalga boyunda bir gürültü ortaya çıktığını yapılan model mukavim tekne çökertme deneylerinden de bilinmektedir. Titan'ın da çökmesi sonucunda kuvvetli bir sinyalin düşük frekansta olduğu değerlendirildiğinde bu sinyalin çok uzak mesafelerden tespit edilebilmesi gerekirdi. Bu iki açıklamadaki tutarsızlık Amerikan Donanması'nın düşük frekansta gerçekleşmiş olan ve çok uzak mesafelerden aslında tespit edilebilmesi gerektiği düşünülen gürültü sinyalini gerçekten tespit edip edemediğiyle ilgili de kuşku ve yetkinlikleri konusunda hayret uyandırmıştır.

Sonuç olarak, Oceangates firmasının Titanic gibi çok ünlü bir batığa ziyaretçileri Titan isimli batiskafı ile daldırma ve onlara sualtında batiskaf kullanma deneyimi yaşatma iş fikri üzerinden kişi başına 250,000\$ tutarında bilet kestiği bilinmektedir. Hem aracın NASA ve Boeing desteği ile yapılmış olduğunun beyan edilmesi hem de firma sahibinin de ziyaretçilerle beraber dalışa katılıp aracı kullanarak güven veriyor olması sayesinde ziyaretçileri araca, tüm bu eksik güvenlik önemlerine rağmen, güvenerek dalışı gerçekleştirmeye ikna edebilmiştir. Yukarıda açıklandığı gibi kompozit mukavim tekne imalatının aracın boyutlarını ve yardımcı sistemlerini ufaltmakla ilgili önemli avantajlarının bulunuyor olmasına karşılık su üstü gemilerinde kendini kanıtlamış bu imalat yönteminin denizaltılarda kullanımı için hala araştırma geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu acı şekilde görülmüştür.

Yaşanan acı olay, denizaltı gibi özel gemilerin klas kurallarına uygun şekilde imal edilmesinin önemini gözler önüne sermiştir. Titan için gerçekleştirilen kurtarma operasyonu, Titan'ın 96 saatlik oksijeninin yetersiz olduğunu göstermiş ve kazazedeler denizaltıda mahsur kalmış olsalar dahi kurtarılmalarının mümkün olamayacağı görülmüştür. Denizaltı kurallarındaki 168 saat oksijen miktarının dahi yetersiz olabileceği hususunu gözler önüne sermiştir. Yine kurtarma operasyonu ve yaşanan süreç denizaltıdaki acil durum tankları, balast bırakma sistemi ve kurtarma şamandırası gibi kurtarma sistemlerinin önemini gözler önüne sermiştir.

Ülkemizde son yıllarda gerek savunma sanayimizdeki atılımlar ve gerekse açık denizlerimizde yürütülen petrol ve doğalgaz faaliyetleri nedeniyle denizaltı ve sualtı sistemlerinin tasarım faaliyetleri hız kazanmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi'nde ve Pîrî Reis Üniversitesi'nde Denizaltı Tasarımı dersleri verilmeye başlanmıştır. İTÜ'de hem teorik hem de Ata Nutku Gemi Model Deney Laboratuvarı'nda deneysel olarak denizaltıların hidrodinamiği, akustik karakteristikleri ve mukavemeti konusunda çalışmalar yürütülmektedir. Konuyla ilgili birçok deney sistemi kurulmuş ve başta Deniz Kuvvetleri Komutanlığı olmak üzere önde gelen savunma sanayii şirketleri için denizaltı ve sualtı sistemlerine yönelik testler icra edilmektedir. İTÜ'nün bir iştiraki olan Datum Denizaltı Teknolojileri Uygulama ve Mühendislik A.Ş. firması tarafından 2013 yılından beri sualtı sistemlerinin testleri, sualtı taarruz komandolarının intikal araçları, denizaltıdan personel kurtarma ve turistik amaçlarla kullanılmak üzere tasarımı ve yazılımı %100 milli olan mini denizaltılar tasarlanmakta ve yüksek yerlilik oranıyla inşa edilmektedir.

Denizaltı tasarım faaliyetlerinin henüz başında olan ülkemizin Titan'ın başına gelen acı kazadan dersler çıkarması büyük felaketlerin önüne geçecektir. Savunma Sanayii Başkanlığı'nın öncülüğünde yapılan çalışmalarda klas kuruluşu kurallarına riayet edilmesine gösterilen özenin ve ilgili kuralların geliştirilmesi için yapılan yatırımların değeri daha iyi anlaşılmıştır. Tasarlanan yeni araçların kullanıma alınması öncesinde yapılması gereken testlerin ihmalinin ne denli hayati sorunlar ortaya çıkarabildiği

bu kazada görülmüştür. Benzer olayların ülkemizde yaşanmaması için gerekli bilincin oluşturulması hayatidir. Hem gerekli testlerin Savunma Sanayii Başkanlığı ve Türk Loydu eşliğinde iyi şekilde planlanması hem de bu tarz projelerde devletimizin, özellikle Deniz Kuvvetleri ve Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, başta olmak üzere imkanlarının kullanımının kolaylaştırılması önem arz etmektedir. Gerek savunma sanayi, gerek doğalgaz ve yaygınlaşan turistik denizaltı kullanım faaliyetleri nedeniyle yerli veya yabancı batiskaf veya denizaltılarda oluşabilecek bir kazada kazazedelerin kurtarılması konusu ülkemizde bu iki kurumun imkan ve kabiliyetlerine muhtaç olacaktır. Deniz Kuvvetlerimizin TCG ALEMDAR Denizaltı Kurtarma Anagemisi, kurtarma ve yedekleme gemileri TCG IŞIN, TCG AKIN ve Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'nün NENE HATUN gemilerinin inşasının ne denli önemli yatırımlar olduğu bu vesile ile görülmüştür. Bu gemiler başta olmak üzere kurtarma gemilerinin ve bunlara ait ekipmanların; mini denizaltıların da arama ve kurtarma operasyonunu gerçekleştirebilecek şekilde hazırlanmaları gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu gemilerin bakımlı tutulmalarının yanı sıra, planlı faaliyetlerine mini denizaltı ve batiskafarla ilgili de arama ve kurtarma tatbikatlarının eklenmesinin hazırlık seviyesini artırmak yönünde önemli bir gereklilik olduğu anlaşılmıştır.

Referanslar

URL 1: <https://www.lbc.co.uk/news/inside-titan-submersible-lost-titanic-exploration/>

Allmendinger, E. E., "Submersible Vehicle Systems Design", SNAME, (1990)

URL 2: <https://www.engineering.com/story/the-titan-submersible-a-little-testing-wouldnt-have-killed-them>

URL 3: <https://education.nationalgeographic.org/resource/bathyscaphe/>

Zimmerman, S. – "Submarine Technology for 21st Century", (2006)

URL 4: https://www.researchgate.net/publication/356679991_Review_of_Underwater_Sensing_Technologies_and_Applications

URL 5: Türk Loydu Kuralları, Chapter-53, Submersibles <https://www.turkloydu.org/pdf-files/turk-loydu-kurallari/cilt-d/chapter-53-submersibles-2015.pdf>

URL 6: DNV Rules, Manned Submersibles <https://rules.dnv.com/>