

36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2023. április 18-20.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Rendészettudományi Kar

Tengeralattjáró balesetek és okainak feltárása

Jelige: *Katasztrófák Mélyén*

Pályamunka lezárásának időpontja: 2021.11.

2023.

Tartalomjegyzék

Történeti áttekintés	1
Mi számít balesetnek?	20
Konstruktívhibák típusok	25
K-141 Kurszk katasztrófája	29
USS Scorpion katasztrófája	33
Korróziós tesztek	37
Interjú	42
Összefoglalás	44
Irodalomjegyzék	45
Ábrajegyzék	47

Történeti áttekintés:

Napjainkban szinte minden tengerhez hozzáférő nagyhatalom rendelkezik vízi haderővel, ún. hadiflottával. Ezen haderőnem kétfajta járműtípust foglal magában. A víz felszínén, illetve a víz alatt közlekedőket. A mi előadásunk az utóbbi típust, azaz a tengeralattjárókat, illetve azok baleseteit és szerencsétlenségeit célozza meg.

Víz alatt működő és közlekedő járművek tervezésével és építésével már a 17. század óta kísérleteznek [1]. Azonban a vállalkozó szellemű tudósok egészen a 19. századig nem voltak képesek felmutatni olyan víz alatt mozgó és harcoló eszközt, amely valóban hatékornak bizonyult volna. A két fő problémára csupán a technika fejlődésével találtak megbízható megoldást. E két műszaki probléma a megfelelő mennyiségű/minőségű oxigén tárolása és felhasználása, valamint a hatékony víz alatti meghajtás kidolgozása volt.

A tengeralattjáróknak, mint járműveknek az egyik igen lényeges, ha nem a legfontosabb eleme a meghajtásának a mibenléte, illetve annak a fejlesztése, új technológiák implementálása. Minthogy a harci járműveknek ezen típusai komoly múltra tekintenek vissza, így az, hogy hogyan mozogtak a víz alatt vagy a vízszínen, sokat változott az idők során.

Az első ismert próbálkozást tengeralattjáró építésére Cornelius van Drebbel [2], holland származású mérnök és feltaláló hajtotta végre 1620 körül. I. Jakab angol király két járművet rendelt tőle, azonban a teszteléséről nem maradtak fent adatok, ugyanakkor működésük és használhatóságuk jogosan megkérdőjelezhető. A szóban forgó hajók állítólag fából készültek és fa evezők hajtották a víz alatt, amiket bőr tömítéssel erősítettek a hajótest két oldalára. A bent ülő evezősök egy, a víz felett tartott csövön keresztül kaptak friss levegőt.

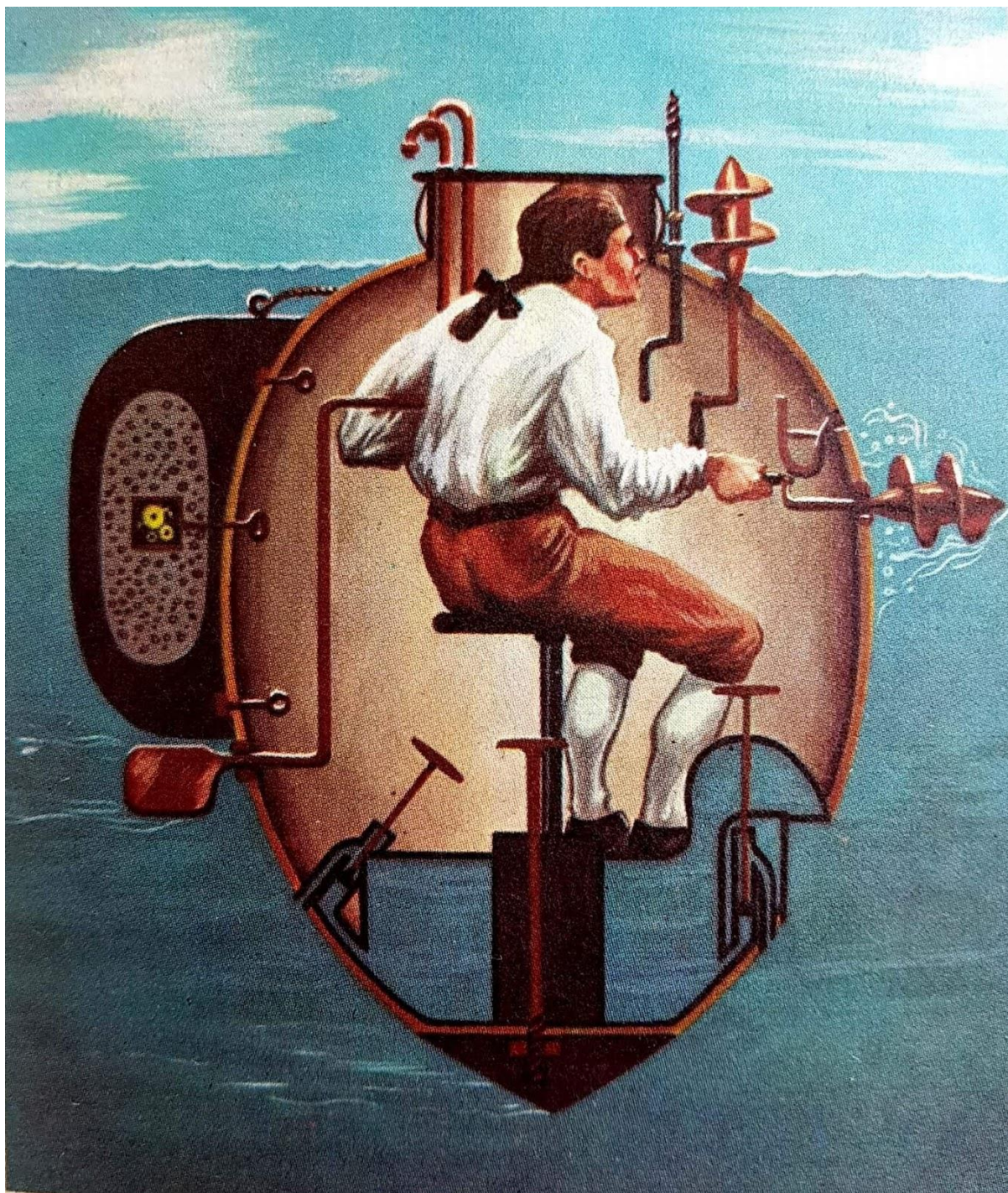


[1.kép] Drebbel

Később, az amerikai függetlenségi háború kezdetén David Bushnell épített egy tojás alakú, “teknősbéka” névre hallgató hajót, amellyel a víz alól tervezte megtámadni az amerikai partoknál járőröző brit flottát. Az általa *Turtle*-ként emlegetett jármű egy kézi csavart használt az előre-hátra haladáshoz és az emelkedés-süllyedéshez is. Ezeknek a kialakítása leginkább egy fűrészsárhoz hasonlítottak, ám egyesek a későbbi hajócsavar előfutáraként emlegetik.

Ezzel mindössze annyi volt a probléma, hogy a hajós számára fizikailag rettentően megterhelő volt működtetni, hiszen a csavarok kis átmérője miatt intenzíven kellett tekerni, és a feltaláló maga sem tudta megfelelően működtetni. A kicsiny *Turtle* támadó ereje abban állt, hogy egy bombát erősített a célpontul szolgáló hajó alá. Tervezője és gyártója, David Bushnell és Isaac Dolittle korábban felfedezték, hogy a lőport fel lehet robbantani víz alatt is. Dolittle tehetséges órásmester lévén, kifejlesztett egy időzítőt, amellyel egy bombát késleltetve fel lehet robbantani. Bushnellnek az ellenséges hajó alá kellett manővereznie, ahol egy fűró segítségével lett volna képes elhelyezni egy időzített bombát a hajógerincen.

Az első (és egyben utolsó) akció során a New York-i kikötőben horgonyzó *HMS Eagle* nevű harmadosztályú sorhajót szemelte ki. Azonban hiba csúszott a számításába, ugyanis a hajótestet fémlemezek borították a víz alatt, így a fúró nem volt képes elvégezni a feladatát. A bomba végül felrobbant, és bár nem tett kárt az sorhajóban, a történelem mégis ezt az alkalmatosságot tekinti a világ első, működőképes tengeralattjárójának. Az ötlet kivitelezhető volt elméletben, de a gyakorlati eredménye ismeretes. A haditerv meglehetősen bonyolult volt.



[2.kép] Turtle

Robert Fulton, az első lapátkerekes gőzhajó, illetve az első gőzhajtású hadihajó tervezője 1800-ban épített egy felszínen vitorlával, víz alatt pedig kézi meghajtással közlekedő tengeralattjárót, a *Nautilust*. Három fős legénysége mindössze 3 csomós sebességre tudott gyorsítani vele, azonban a Szajnán végzett merülési és támadási tesztek sikerrel zárultak, a célpont elsüllyedt és a bűvárhajó is száraz maradt a 7-8 méteres mélységben. A terveket végül a franciák és a britek is elvetették, mert barbár találmánynak titulálták.

W. Bauer német tüzértiszt 1850-ben épített egy kézzel hajtott merülő gyújtóhajót, majd önként vállalkozott, hogy elsüllyeszti vele a Schleswig-Holstein partját blokád alatt tartó dán hajókat. A merülőhajó azonban irányíthatatlanná vált, de hála tervezője hidegvérének, a teljes legénység túlélte a balesetet. Ekkor vált egyértelművé, hogy a kézi meghajtású tengeralattjáróknak nincs effektív jövője. Ezért Bauer 1864-ben előállt egy olyan típussal, amit egy 100 lóerős gőzgép hajtott. A hajócsavar, illetve a mélységi kormánylapát itt jelenik meg először. Ez a modell típus képes volt huzamosabb ideig víz alatt maradni, ezért gondoskodni kellett a szén-dioxid elszívásáról és megkötéséről.

Később, az amerikai polgárháborúban szintén bevetettek a harcoló felek tengeralattjárókat. Mindkét résztvevő kifejlesztette a saját tengeralattjáróját, ezek viszont hasonlatosak voltak egymáshoz küllemre, fegyverzetre, hajtóműre is. Az első, a *USS Alligator* 1862-ben épült, és 18 fős legénységet tudott befogadni. Különös módon a tervezője, Brutus de Villeroi először egy evezős meghajtást tervezett neki, amivel a víz alatt 16 matróz evezett volna, azonban építéskor áttervezte, és kapott egy kézzel hajtott hajócsavart, mellyel négy csomós sebességet ért el. A második, a *CSS Hunley* egy kisebb jármű volt, kilenc fős legénységgel (6). Nevét a tervezőmérnökéről kapta. Kézi hajócsavarral volt ellátva, és szintén hozzávetőleg négy csomót volt képes elérni a víz alatt. A merülést mindkét típus ballaszt tankokkal oldotta meg. Két alkalommal érte baleset a *Hunleyt* (közben végezve saját alkotójával is). A burkolat vékony acéllemezekből készült.

Az amerikai polgárháború két hőse, a *Hunley* és az *Alligator* ugyanolyan fegyverzetet használt, az ún. rúdtorpedót. Ez a szerkezet egy 4-5 méteres dárdára szerelt bomba volt. Működési elve, hogy teljes sebességgel (kb. 8 csomó) nekiütköznek a célpontul szolgáló hajónak, melynek következtében a dárda belefúródik mélyen a hajótestbe, majd ezt leoldva a tengeralattjáróról, felrobbantják a hozzá erősített bombát. Elektromos elsütésű volt, ahol savval érintettek egy

fémhuzalt, ennek hatására galvánáram keletkezett és ez egy kakast működtetett, a korabeli löfegyverek gyújtásához hasonlóan. Ez, mint kiderült működik a gyakorlatban, ám egy súlyos probléma merült fel a használata során, mégpedig ugyanolyan veszélyes a légénységére, mint az ellenségre. Ezzel a módszerrel, noha sikerült elsüllyeszteni a *USS Housatonicot*, de részben a légnyomás, részben az alámerülő gőzös örvényei következtében a *Hunley* is vele pusztult.



[3.kép] C.S.S. Hunley

Habár a tengeralattjáró hadviselés alapvető elvei korán le lettek fektetve, ezekre csak a fentebb említett primitív próbálkozások jöttek létre, melyek a csekély sikereikhez képest elfogadhatatlan emberi- és anyagáldozatot követeltek. A következő fontos lépés a tengeralattjáró-meghajtás terén, (az volt, hogy tovább lépjenek) az emberi meghajtástól valamely gépi módra való áttérés volt. Ezt először egy francia tengeralattjáróban alkalmazták, ahol is sűrített levegőt használtak a hajócsavarok meghajtásához. Ez valóban egy működő ötlet volt, azonban *Plongeur*-t nem vitte sem messzire a 9 km-es hatótávjával, sem pedig gyorsan a 4 csomós végsebességével. Nem volt praktikus megoldás, hiszen a sűrített levegő 150m³ helyet foglalt 12 tartályban, melyek 1.25 Mpa túlnyomáson üzemeltek, ami korai nyomás általi anyagfáradást eredményeztek. A *Plongeur* koncepciója végső soron sem praktikus, sem

biztonságos nem volt a rengeteg sűrített levegő által okozott balesetek száma miatt, így ezt a meghajtási módot hamar elvetették. Az első villanymotorral felszerelt tengeralattjárót a francia mérnök, Goubet tervezte 1881-ben. Ezzel pedig megszületett az új haditengerészeti fegyvernem, hisz a víz alatti közlekedést nagyban megkönnyítette ez a korszerűsítés.

Az első olyan tengeralattjáró, amelyik nem szorítkozott levegőre a meghajtásához, a spanyol Ictíneo II volt [7]. Ez a jármű aprócska volt a maga 46 tonnájával és fából készült hajótestével, melyen mindössze egy vékony, 2 mm-es rézlemez volt. A meghajtása, mint ahogy a Plongeuré egykor, különleges volt és egyedi. A tervezője, Narcís Monturiol egy egyedi kémiai keverékkel fűtötte az eredetileg széntüzelésű kazánt, mely cink, mangándioxid és foszforklorid elegye volt. Ez a fűtőanyag egyrészt meg tudott hajtani egy gőzkazánt, másrészt pedig a reakciónak köszönhetően oxigénnel látta el a légénységet.



[4.kép] Ictíneo II replikája Barcelonában

A XX. század első felében használt tengeralattjárók műszaki alapjait John Philip Holland fektette le, az általa tervezett típus volt az első a világon mely sorozatgyártásra került. 1895-ben a cégéhez, a Holland Torpedo Boat Co.-hoz érkezett megrendelés a US Navy-től egy hadi célra épített tengeralattjáróra. Ez a típus a *Plunger* nevet kapta, azonban nem teljesítette a vele szemben támasztott elvárásokat. 1898-ra forrott ki Holland prototípusa, mely olyan sikernek örvendett, hogy mind az Amerikai Egyesült Államok Haditengerészete, mind a Brit Királyi

Haditengerészet rendszeresítette *USS Holland* és *HMS Holland 1* néven. Igaz még nem volt balesetmentes és kiforrott a technológia, de ez volt az első olyan tengeralattjáró, amely belsőégésű- és villanymotort használt meghajtás gyanánt, az előbbit a víz felszíni közlekedésre, az utóbbit pedig víz alattira.

A típus, ahogy fent említésre került, korántsem volt kiforrott, a gyengeségei közt lehet említeni, hogy nem rendelkezett merülési kormányval, és az akkumulátorai nem voltak stabilok, számos balesetet okozva a hajózóknak. Közismert tény volt, hogy a híres Királyi Haditengerészetnél szolgáló matrózoknak méltóságon alulinak számított, hogy rejtőzködve csapjanak le az ellenségre, mégis, az első világháború előtt a szigetország rendelkezett a legtöbb tengeralattjáróval. Ezen felül az első aknarakó, valamint az első fedélzeti ágyúval ellátott bűvárhajót is nekik sikerült először gyártani a történelem során. A francia *Narval* az első szignifikáns fejlesztések között volt a dupla burkolatával, ami a lékek miatt történő elsüllyedést volt hivatott megakadályozni, valamint a nagyobb víznyomás elviselésére is jótékonyan hatott. Továbbá a két héj közé helyezték el a merülő és üzemanyagtartályokat is. Az újítások között volt, hogy toronnyal és torpedókkal szerelték fel a tengeralattjárókat. Az ugyancsak francia *Aigrette* volt az első, amelyik a dízel-elektromos meghajtást alkalmazta, amely olyannyira bevált, hogy a mai napig a tengeralattjárók egy része ilyen rendszerrel üzemel bár természetesen modern berendezésekkel.

A modern értelemben vett torpedó feltalálása az 1850-es évekre datálható, amikor is Fiumében egy fiatal fregattkapitány (később báró) Luppis János Balázs és a Habsburg-birodalom legfontosabb hajóépítő vállalatának műszaki igazgatója, Robert Whitehead közösen kitaláltak egy úszó eszközt. A feltaláló által "sikló védőnek" nevezett csónakot egy óramű hajtotta és két huzal kormányozta, a hátuljában pedig robbanószer volt. 1860-ban bemutatta Ferenc Józsefnek is. Az admirális úgy ítélte, hogy megbízhatóbb hajtásrendszerrel el tudja fogadni a találmányt, de a bemutatott állapotában nem. Kettejük munkájával később sikerül megépíteni egy olyan típust, amelyet sűrített levegő hajt, giroszkóppal tarja az irányt és a mélységet, ezzel elhárítva az admirális averzióját a torpedóval szemben. *Mineschiff* néven rendszeresítik később a szerkezetet. A kész változat mindössze 350 mm átmérőjű volt (a maiak 533 vagy 650 mm-esek) és 8 kg-s robbanótöltettel rendelkezett (a maiak 500 <). A következő 40 évben Whitehead és gyárai monopóliumot élveztek a torpedó gyártás terén, minden torpedót használó haditengerészet az övét rendszeresítette, illetve tőle szerezte be.

Ahogy telt az idő, az országok egymástól függetlenül fejlesztették saját hajóikat. Kezdetben csupán a partvonal őrzésére. Később, ahogy fejlődött a technika, már távolabbi vizekre is alkalmas modelleket gyártottak.

Eközben Oroszország könnyen szét-és összeszerelhető hajókat tervezett a vasúti szállíthatóság céljából, de Németország is rohamosan fejlesztette saját flottáját. Természetesen a korszerűsítésnek, továbbá az egyre növekvő merülőhajó számokkal lineárisan nőtt a balesetek száma is.

Tengeralattjárók először az első világháború során csaptak össze egymással. 1915 augusztus ötödikén az osztrák-magyar *U5* kilőtte az olasz "*Nereide*" nevű tengeralattjárót. Ez azért számított különlegességnek, mert a háború folyamán a harcoló felek a tengeralattjárókat főleg felderítésre és hajók elleni harcra vetették be. Egymás ellen csupán nagyon ritkán harcoltak.

A németek 1917-ben korlátlan tengeralattjáró háborút indítottak, ami effektíven indult, hiszen a tengeralattjárók száma elérte a 120-at. Ebből kifolyólag az antant kétségbeesetten sürgette a tengeralattjáró elhárító technológiák kifejlesztését. A hajók konvojokban közlekedtek a tengereken, amiket fürge hadihajók kísértek. Fejlődött a szonártechnika valamint a mélyvízi aknák telepítésének technikája is. Ezeknek gyorsan meglett az eredménye. A korlátlan tengeralattjáró háború csúfos vereséggel záródott a németek részéről.

Az első világháborúban a torpedók már jobbára gőzhajtásúak voltak. Egy kisebb gőzfejlesztő berendezés volt bennük, ami alkoholt égetett és vizet forralt, melynek következtében gőz fejlődött, és ez a gőz hajtotta meg a torpedó dupla hajócsavarját. Ez egy nagyon megbízható rendszer volt, és nagyobb hatótávval rendelkezett, mint a sűrített levegős meghajtás, ám mindkettő komoly hibája abban rejlett, hogy buborékösvenyt hagytak maguk mögött, amely jól látható volt a hajók őrszemei számára. Ezt kiküszöbölendő a német mérnökök a két háború közt létrehoztak egy új hajtást a torpedók számára, ezzel megalkotva a G7e sorozatot [4]. Ezekben a torpedókban kicserélték a meghajtást elektromotorra, melyet a beszerelt ólomsavas telepek láttak el energiával. Noha pár csomóval lassabbak lettek, sokkal többet nyertek vele, hiszen szinte lehetetlen volt kiszűrni szabad szemmel. Meghallani viszont meg lehetett, de a korabeli szonárok teljesítménye mellett erre csekély esély volt, hiszen a 60 kW-os elektromotor nem csapott nagy zajt. A legkorábbi, T2-es modell számos gyermekbetegséggel küzdött, leginkább, ami az elsütőszerkezetét érinti. Az uboot kapitányok mágneses és a kontakt elsütés között választhattak, az előbbi azt jelentette, hogy a célpont alatt robbanva annak a hajógerincét kettétöri, a második pedig a hagyományos módon működött. A mágneses rettentően

inkonzisztens volt, hiszen a német partoknál levő mágneses tulajdonságokhoz állították be, ám ezek változnak a szélességi fokok szerint, így történt meg, hogy az *U-39* három torpedót lőtt ki a *HMS Ark Royal*-ra, azonban mindhárom korán robbant fel ezzel elárulva a helyzetét, ami a bűvárhajó életébe került. A mechanikus robbanószerkezet is megbízhatatlan volt eleinte, jól példázza a *HMS Rodney* esete, ahol az *U-56* pontosan megcélozta, viszont mindhárom torpedója csak belefűródött a *Rodney* oldalába és nem működött el a detonátor. A T2-es típusnak becslések szerint 20-40%-a nem működött megfelelően.

Később a T3 modellben sikerült kijavítani a korai hibákat, és emellett felszerelték a *FaT* (Flächenabsuchender Torpedo) és *LuT* (Lagenunabhängiger Torpedo) konvojelhárító rendszerekkel, ami azt jelentette, hogy ha a kilövéstől számított meghatározott időn felül nem ért célt, akkor egy kereső mintát vett fel, és nem egyenes vonalban, hanem inkább egy cikk-cakk vonalban haladt. Az első "okos" torpedót is a G7e szériában találjuk, mégpedig a T4 Falke és a T5 Zaunkönig képében. A T4 képes volt passzívan a kereskedelmi hajók propellerzaját követve célra kormányozni saját magát, de ezzel az volt a probléma, hogy 20 csomót tudott csak, hiszen halknak kellett lennie, és az azt kilövő tengeralattjárónak is le kellett állítani a motorjait biztonsági okokból. A T5 ezzel szemben gyors volt és megbízhatóbb is, és már a hadihajókat is célba lehetett venni vele. Ezeknek az akusztikus torpedóknak nagy előnye volt, hogy nem kellett hozzá periszkópot használni, hiszen a konvojok körülbelüli helyzetét meg lehetett határozni az általuk kibocsátott zaj alapján hidrofon segítségével, így elkerülve a periszkópmélységet (kb. 15 méter), amely veszélyes volt a német tengeralattjárók számára.

A második világháborúban a németek már jóval a nagyobb szárazföldi hadműveletek megkezdése előtt harcoltak a szövetségesekkel a tengereken. A német hadvezetés, kiváltképp Karl Dönitz admirális, a német flotta főparancsnoka a második világháború utolsó felében különösen nagy figyelmet fordított a harmadik birodalom tengeralattjáró flottájának korszerűsítésére. Ezért úgynevezett "farkasfalkákban", vagyis csoportosan küldték ki a tengeralattjáróikat az óceánra, amivel teljes sikert arattak a britekkel szemben, akiknek a korban a felszíni flottájuk volt ütőképesebb. A sikerek láttán a németek 1941-ben ismét korlátlan tengeralattjáró háborút hirdettek, így 1943-ig a farkasfalkák voltak a tengerek urai, ám az előnyük csupán rövid ideig tartott. A megoldás kulcsa megint a technológiai fejlesztésekben rejtőzött. A már ismert radar illetve konvojtaktikákon kívül repülőgépeket is bevetettek az u-bootok (német elnevezés a tengeralattjáróra) ellen. Ezeken a nagy hatótávolságú gépeken bombákat és már rakétákat is szállítottak, amivel könnyedén hullámsírba lehetett küldeni egy

búvárhajót. 1945-re a szövetségesek lényegében teljesen megsemmisítették a német tengeralattjáró flottát. Más szavakkal: A korlátlan tengeralattjáró háború ismételten teljes kudarccal zárult.



[5.kép] G7e T3 torpedó

A második világháborúban azonban nem csupán a hagyományos tengeralattjárók voltak a felszín alatti főszereplők. Kifejlesztettek ugyanis egy másik, effektívnek mondható merülőhajó típust, a törpe tengeralattjárót. Ezen járművek 10 méter alatt voltak hosszban, továbbá vízkiszorításuk is csupán töredéke volt nagy “testvéreikhez” képest. Egyedül Nagy Britannia tartotta használható hadiszernek őket. Torpedóik súlyos sérülést voltak képesek okozni, és méreteiknek köszönhetően rendkívül flexibilis volt a bevetethetőségük. Ilyen hajók pusztították el például a németek egyik legnagyobb csatahajóját, a *Tirpiz*-et, ami korábban északi fjordokban bujkált, hiszen a víz nem volt elég mély egy normál méretű tengeralattjárónak.

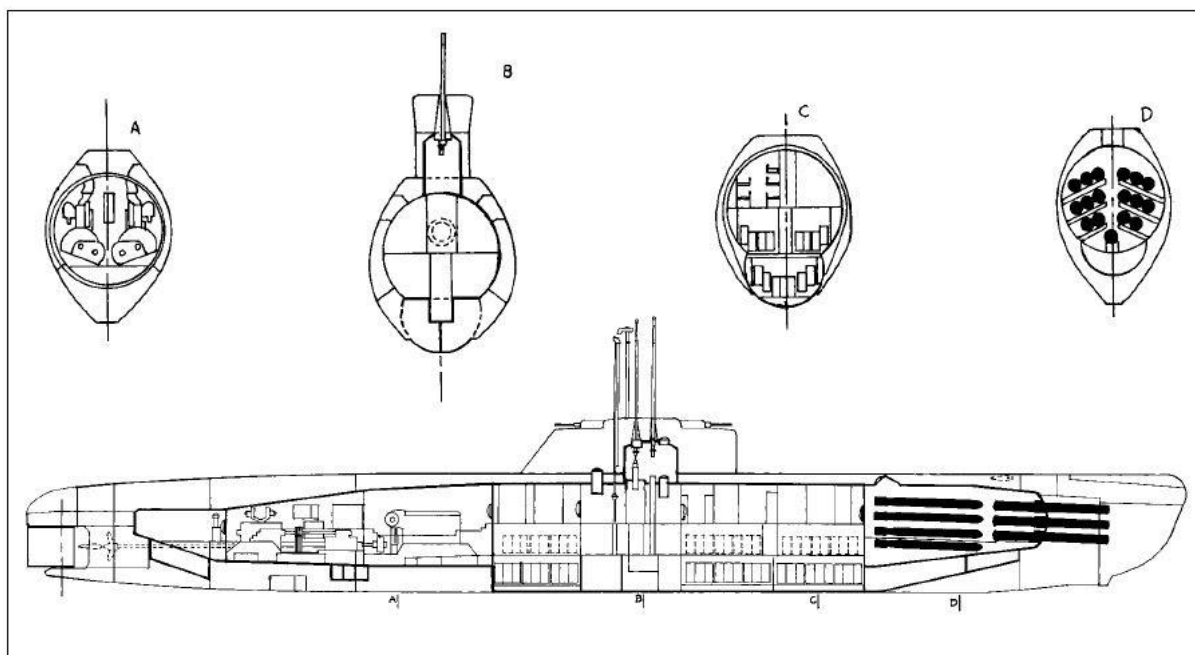
Komoly problémát jelentett még a II. világháborúban is, hogy ámbár a tengeralattjárók le tudtak merülni korábban elképzelhetetlen mélységekbe, víz alatt vagy csak nagyon lassan, vagy csak rövid ideig tudtak haladni. A legnagyobb számban gyártott tengeralattjáró a világon a német VIIC típus volt, mely víz alatt 4 csomós sebességgel tudott haladni mindössze 150 kilométert vagy fél órán keresztül 7,5 csomós csúcsebességgel, amely után a felszínen a dízelmotorok segítségével újra kellett tölteni az akkumulátorait. Ezt a problémát jól látta Prof. Helmut Walter, aki számos találmányát felhasználva, sikeresen épített egy olyan tengeralattjárót, mely évtizedekkel megelőzte más nemzeteknek ezidőtájt meglévő típusait. Első ötlete az volt, hogy

a tengeralattjáró formáját meg kell változtatni. Akkoriban és az előtt a vízfelszíni közlekedésre lett optimalizálva, de a mélyben igen esetlenül mozgott. A professzor munkája a XXI-es osztályt eredményezte. Megváltoztatta a hajóhossz-szélesség arányt a hosszúság javára, így csökkentve a közegellenállást az eredetinek $\frac{1}{6}$ -részére. A víz alatti turbulenciát okozó részeket eltávolították, így búcsút mondtak a 8.8 cm-es vagy 10.5 cm-es fedélzeti ágyúnak, amely ennek a pontján a háborúnak úgylis feleslegessé vált, miután szinte az összes kereskedelmi hajó konvojban mozgott vagy fel volt fegyverezve, illetve mindkettő. Másrészt pedig a rombolók és repülőgépek radarja miatt nem volt olyan lehetőség, hogy felszínen mozogva rejtve maradjon. Továbbá átalakították a felépítményt is, a kerek, magas torony helyett egy laposabb, hosszúkaat alkalmaztak, ezzel is csökkentve a felületet ahol a víz érintkezik vele. Végül, de nem utolsó sorban csökkentették a ballaszt tartályok nyílásait, de alulról nem voltak lefedve, ezzel egyszerűsítették a konstrukciót egy szelepre tartályonként.

A másik forradalmi ötlete Walternek az volt, hogy teljesen átalakította a meghajtást egy zártrendszerű, nagy koncentrációjú hidrogén peroxiddal, azaz perhidrollal hajtott turbinára és egy nagy akkumulátor teljesítményű elektromotorra. Felszerelték továbbá egy Schnorchel-lel amivel fel tudták tölteni a levegő tartalékokat, és amit bevontak radarjel elnyelő bevonattal, ezáltal abszolút függetlenül magát a felszíntől. Olyannyira sikeres volt a típus, hogy a háború után mind a négy nagy Szövetséges zsákmányolt belőle és rögtön rendszeresítette. A brit *HMS N41*, a francia *Roland Morillot*, a szovjet *B-27-30* nevet kapta. A tengeri próbák alkalmával két féle megoldást találtak ki a rendszeresítő országok. Az egyik megközelítés abból állt, hogy lemásolva vagy kicsit átalakítva gyártani a típust, a másik, hogy a meglévőket az általuk nyújtott tapasztalattal naprakészre hozni a már meglévőket. A szovjet *Whiskey* és *Zulu* osztály nagyon hasonló volt alakra egyrészt, másrészt a hajón alkalmazott rendszerek szinte direkt másolatai voltak a XXI-éinek.

Az amerikaiak is levonták a következtetéseiket a XXI-ről, és elsősorban a már meglévő második világháborús Tench osztályt az ún. GUPPY (Greater Underwater Propulsive Power) programon belül korszerűsítették, hogy körülbelül olyan szintre hozzák, mint amit a modern német tengeralattjáró képvisel. Eltávolították az összes tűzérési fegyverzetet a hajóról, kicserélték a motorokat, akkumulátorokat, a hidat áramvonalasabbra tervezték, Prairie Masker hangszigetelést alkalmazták rajta, és felszerelték a XXI szonárjának a másolatával BQR-2 elnevezéssel. Sikeresnek lehetett volna mondani az átalakított változatot, azonban több problémával is szembesültek. A legkomolyabb, hogy jóval nagyobb sebességet ért el, mint azt

eredetileg tervezték, ezért a hajótest vibrációja olyan nagy volt, hogy az a légénységre veszélyt jelentett.



[6.kép] A XXI rajza

Most, hogy nemcsak gyorsak voltak víz alatt a hajók, hanem még halkak is, egy leküzdeni való probléma maradt csak, mégpedig a hatótávolság. Az akkoriban korszerű tengeralattjárók tömegének a 20%-át tette ki az üzemanyag, mégis a legnagyobb hatótáv, amit el tudtak vele érni az 20 000 km volt. Ez elfogadható volt a második világháborúban, mert viszonylag közel volt egymáshoz a tengeralattjáró kikötője és az ellenség, így nem kellett sokat utazni a bevetéshez, bár meglehet, hogy amikor az U-boatok az USA partjait támadták, elég hosszú út volt, de a háború utáni világban még mindig elég limitáltnak számított. 1942-ben indult a Manhattan terv, amelynek a célja, hogy maghasadáson alapuló bombát készítsenek. Itt dolgozott két amerikai fizikus, Ross Gunn és Philip Abelson. Gunn, aki korábban a Naval Research Laboratorynál dolgozott, azzal az ötlettel állt elő, hogy egy nukleáris reaktorral hajtott tengeralattjárót lehetne építeni, ami teljesen, megszüntetné a levegőtől való függését a búvárszádoknak. Philip Abelson, az izotóp szétválasztás atyja dolgozta ki az első koncepcióját az újszerű meghajtásnak, habár még elég kezdetlegesen, hiszen nem volt még precedens maghasadáson alapuló hajtóműre.

A Manhattan terven belül egy öt fős csoportot különítettek el, velük együtt, a probléma megoldására. A következő néhány év kutatással és dolgozatok írásával telt számukra. Komoly

fegyvertényt jelentett számukra, hogy BTU-ban (azaz Brit Thermal Unit-ban) mérve egy pound (0.45 kg) nyersolajnak 18 000 BTU hőteljesítménye volt (19 080 000 J), miközben ugyanannyi nukleáris fűtőanyagnak, (U_{235} -97%, U_{238} -3%) 3 000 000 000 BTU (3 165 167 557 860 J) a hőteljesítménye (5 p:51). 1942 december 2.-án Enrico Fermi és csapata beindította az első mesterséges nukleáris reaktort, mely CP-1 (Chicago Pile 1) névre hallgatott, urániumoxid fűtőanyaggal és grafit moderátorral. Ez bebizonyította, hogy a maghasadást lehet energiatermelés céljára felhasználni, igaz ez a kísérlet mindössze fél wattot termelt, pont eleget, hogy egy izzót működtessen. A Haditengerészet hamarosan kapcsolatot létesített a Westinghouse vállalattal, hogy készítse el a tengeralattjáróba szánt kísérleti reaktorokat. A hajótestet pedig a grintoni hajógyárban gyártották le. 1951-ben a Kongresszus engedélyt adott az első nukleáris meghajtású tengeralattjáró építésére, mely SSN 571 lajstromszámon a *USS Nautilus* viselte [5]. Egy nyomottvizes reaktort alkalmaztak (PWR), melynek az előnye, hogy a nagynyomású víz nemcsak a hőcserélő primer köréül szolgál, ellátva a reaktor hűtését, hanem moderátorként is, így nem kell külön moderátor rúd, csak szabályzó. Hogy ne váljon gőzzé a 275-315 °C-os víz, 100-150 atmoszférás magasnyomáson van tartva, innen ered a neve is. Submarine Thermal Reactor Mk1-nek (STR) nevezték el az elkészült szárazföldi prototípus reaktort, az Mk2-vel pedig a *Nautilus* szerelték fel, bár a kettő szinte azonos volt. Az elkészült típus 3500 tonna tömegű lett, másfélszer akkora, mint az addig épült legnagyobb, a *Tang osztály*. A hajótest is sokkal magasabb lett, mint bármely addig ismert búvárhajóé azon egyszerű okból, hogy a 8,3 m magas reaktor kizárólag így fért be, és még így is, a szabályzórudakat egy különös megoldással tudták csak mozgatni. A hafniumból készült szabályzórudak, a nagyszerű neutron elnyelő képességük mellett jól mágnesezhetőek is voltak, ezért a mozgatusukat elektromágnesek segítségével oldották meg.

1955 január 7-én futott ki első útjára a kikötőből, majd a kapitány, Eugene P. Wilkinson elküldte a legendássá vált jelzését: "Úton atommeghajtással." Ezzel kezdetét vette a nukleáris meghajtású tengeralattjárók kora. Kezdetben felszerelték egy dízelmotorral és a GUPPY-kra jellemző akkumulátor rendszerrel, de ezeket eltávolították, miután 1958 augusztus 3-án sikeresen megkerülte az Északi-sarkot, ezzel az első vízi járművé válva, amely képes erre. Sikerei ellenére volt egy komoly gondja a káros rezonancia képében. Hiába szerelték fel a legkorszerűbb aktív és passzív szonárokkal, 8 csomós sebesség felett használhatatlanok voltak a nagy zaj miatt, 16 csomó sebességnél pedig annyira megközelítette a propeller a hajótest természetes rezonanciáját, hogy veszélyes volt a hajó épségére. Például az elülső torpedóteremben még kiabálva sem értette egymást a legénység. Ezen hibát leszámítva a *USS*

Nautilus egy igen sikeres típus lett, kikövezve az utat a jövő hajói előtt, és megalapozta azt a technikát, amivel a legmodernebb tengeralattjárók működnek.



[7.kép] A USS Nautilus S1W reaktora

Az amerikai *Albacore* forradalminak számított, bár nem a meghajtása miatt, hiszen az a régi dízel-elektromos volt, hanem az új, esőcsepp alakú hajótest miatt (teardrop shape). Ennek a tudományos alapja az volt, hogy keresték a legkisebb közegellenállással járó formát, és arra a konklúzióra jutottak, hogy az esőcsepp formája, a széles elülső rész és elkeskenyedő hegyes pontban végződő hátsórész az optimális. Ez a közegellenállás csökkenés együtt járt a vibráció csillapodásával is, amely lehetővé tette, hogy a szonár magasabb sebességnél is használható maradjon. A *Skipjack* osztály ötvözte magában az esőcseppformát, az egy hajócsavart, ami miatt sokan aggódtak, de végül profitált belőle a típus és a nukleáris meghajtást, így válva az első igazán modern támadó tengeralattjáróvá (SSN).

A modern torpedók nagy számban az 1960-as évektől kezdtek elterjedni. Többféle irányításuk létezett, ám az első típusok nagyon esetlenek voltak, mint például az amerikai Mark 37, amely 26 csomóra volt képes, ha 10 km-es hatótávot választottak, ha pedig 26 km-eset, akkor csak 17,

ami épphogy elég kereskedelmi célpontok ellen. Azonban ez már nemcsak passzív hidrofonos, hanem aktív szonáros vezérléssel is működött. Ezt leváltandó készült a Mark 48, amely mind a mai napig szolgálatban áll, nincs lényeges újítás a 37-eshez képest, azon kívül, hogy minden téren jobb lett. Készült olyan torpedó is, ami az ellenséges célpont orrhullámát ismeri föl, és azt követve ér célba, ilyen volt például a szovjet 53-65M. Egyedi tengeralattjáró elhárító technológiát képviselnek a torpedóhordozó robotrepülőgépek, melyeknek a működési elve, hogy a tengeralattjáró vagy hajó egy torpedóvetőcsőből kilő egy rakétát, amely az ellenséges tengeralattjáró feltételezett helyén ér a vízbe, és ott a felszíntől lefelé, spirálmozgással, aktív vagy passzív szonárt használva keresi a célpontot. Ez abban segít, hogy csökkentse a reakcióidőt és csökkentse az esélyét az ellenindításnak. Ilyen például az RPK-6 Vodopad (NATO: SS-N-16 Stallion), melynek a hatósugara 100 km, és ha nem torpedót szállít, akkor nukleáris mélyvízi bombát. Létezik egy szűk családja a modern torpedóknak, amelyek a szuperkavitáció elvét használják ki, ami azt jelenti, hogy az orr kialakítása révén egy légbuborékot hoz létre, és azon belül szilárd hajtóanyagú rakétával közlekedik, így adva egy hihetetlen, 200 csomós maximális sebességet a fegyvernek. Az orosz VA-111 Skval egy ilyen fegyver, és a legújabb e jelű változatát egy tolóerő-vektoros rendszerrel lehet irányítani is. Több modern torpedóból is létezik olyan változat, amelynek a robbanófeje nukleáris, mint például az amerikai Mark 40-esnek, ezeket a fegyver variánsokat azért hozták létre, hogy nagyobb formációkat semmisítsenek meg egy torpedóval.

A tengeralattjárók fő fegyverzete meglehet, hogy a torpedó, de a legtöbb modern változatnak nem ez az egyetlen fegyverrendszer áll rendelkezésére. Már a második világháborúban megjelentek olyan, repülőről indított, rádióvezérelt (Fritz X), radarvezérelt (ASM-N-2 Bat) vagy akár a nagyfokú elkeseredésben drasztikus lépésként ember vezérelt (Ohka), rakéta meghajtású "Siklóbombák", melyekkel hajókat, illetve egyéb tengeri célpontokat vettek célba. Ezek igen kezdetlegesek voltak, például a rádióvezérelteket könnyen lehetett zavarni, ezzel ellehetetleníteni a célba jutattásukat. A háború után gyors fejlődésnek indultak, és lehetőséget láttak benne a tervezők, hogy ezeket az irányított rakétákat felszereljék tengeralattjárókra is, ezzel növelve tovább az így is hatalmas pusztító erejüket. Az első ilyen kialakítású, hajó elleni irányított rakétát hordozó tengeralattjárók a szovjet 640U, 644, 665 tervszámú (a továbbiakban Pr.) tengeralattjárók voltak. A háromféle szám alapvetően egy tengeralattjáró típus három változata, a 665-öt fogadták el végül, mint cirkálórakéta hordozót. NATO hívójele pedig *Whiskey Long Bin* volt, és három P-5 "Pjatyorka" (NATO: SS-N-3 Shaddock) rakétát volt képes szállítani. Azonban az első sikeres, átalakított *Whiskey* hajók csak átmeneti megoldást

jelentettek, az igazi rakétahordozó a *Pr. 675 Echo-II* volt, mely egyszerre hatot tudott vinni ugyanabból a rakétatípusból. Több változata létezik a rakétának, a hajó elleni változata 1000 kg-os robbanótöltettel rendelkezik és aktív radarral vezérelt, ami azt jelenti, hogy a rakéta orrában el van helyezve a saját radarja, mellyel célpontot tud keresni magának. Kizárólag vízfelszínről lehetett indítani, ferde kilövő állásról, és kétfokozatú meghajtással rendelkezett. Indításkor gyorsítórakéták segítik a felszállást, majd egy tolósugár-hajtómű mozgatja Mach 0,9 sebességgel a célja felé, maximális hatósugara verziótól függően 450-750 km között várható.



[8.kép] A P-5 indítása a K-311-ről egy *Echo II* osztályú SSGN-ről

Napjainkig az egyik legfélelmetesebb hajó elleni rakéta a P-700 Granit. A szovjet tervezésű és gyártású rakéta olyan hatékony és elrettentő, hogy a NATO elnevezése Shipwreck, azaz hajóroncs. Ez a rakéta több szempontból is úttörőnek számít. A méretéből fakadóan (7 t saját tömeg, 750 kg robbanófej, hossza 10 m) egyetlen addig rendszeresített tengeralattjáró sem volt képes befogadni, ezért egy új osztályt, a *Pr. 949(A) Granit*, (Antej) NATO elnevezés szerint *Oscart I-II* terveztek hozzá. Érdekes módon a főmérnöke a rakétának és az Oscarnak is Vlagyimir Nyikolajevics Cselomej volt. A rakétát sorozatban indítják, mivel a korához képest intelligens vezérlése úgy működik, hogy egy rakéta felemelkedik és “vezér” lesz, miközben a többi pár méterrel a víz felszíne fölött követi. A horizontot pásztázva a radarjával, keresi a lehetséges célpontot, míg a többinek továbbítja az információt. Képes különbséget tenni kis és nagy célpontok között, és lehetőség van rá, ha a vezér megsemmisül, akkor valamelyik másik

átvegye a szerepét. Többféle irányítással rendelkezik, lehet radarvezérelt, zavarásra irányított vagy akár a Legenda műholdas rendszer is irányíthatja. Indítható víz alól is, a motorja tolósugar-hajtómű, az alacsonyan repülők a hangsebesség 1,6-szorosát képesek elérni, míg a vezér a 2,5-szeresét 625 km hatótávolság mellett [3].

A NATO is rendelkezik széles körben elterjedt, hajó elleni rakétával, melyet Harpoon-nak neveznek. A '70-es években fejlesztették ki, univerzális, szinte minden platformról indítható (hajó, tengeralattjáró, repülő, helikopter). A tengeralattjáróról indítható változatnak UGM-84 a jelzése és 1981-ben állt szolgálatba. Minden szempontból szerényebb, mint a Granit rakéta, hiszen a hatótávja 124-220 km között alakul verziótól függően, Mach 0,71 sebesség mellett, míg a töltete mindössze 221 kg tömegű. Nagy előnye azonban, hogy nem kellett kifejleszteni hozzá egy egész tengeralattjáró osztályt, sőt, még módosítani sem kellett a meglévőket, hiszen 533 mm-es torpedóvetőcsőből indítható. További komoly előnye, hogy folyamatos fejlesztés alatt állt az évek során, ennek eredményeként erősebb radart kapott, és csökkentette az elháríthatóságát azzal, hogy a repülésirányító berendezéseit fejlesztették, ezáltal alacsonyabban tud repülni, mint korábbi változatai. A további előnye, hogy a Harpoon átesett a tűzkeresztségen több konfliktusban bizonyítva a rátermettségét. Jelenleg nem áll szolgálatban Harpoon tengeralattjárókon, mivel a nagyobb méretű és jobb hatótávolságú Tomahawkokkal tervezik felszerelni a modern *Los Angeles* és *Seawolf* osztályú támadó tengeralattjárókat.

A modern tengeralattjárók hajó elleni rakétáit nem kizárólagosan hagyományos töltettel szerelték fel. A korai *Nautilusok* és *Novemberek* után szétváltak a tengeralattjárók SSN-re, azaz vadásztengeralattjárókra és SSBN-re, azaz ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárókra. Az utóbbi, mai napig szolgálatban álló hajókat angol tengerész szlenggel "boomer"-eknek hívják, mivel a rajtuk tárolt nukleáris robbanófejek elképzelhetetlen energiát szabadíthatnak fel, és akár egy ilyen hajó is el tudná hozni a teljes nukleáris megsemmisülést a mai civilizáció számára. Az első, tengeralattjáróról történő ballisztikus rakéta indításra 1955. szeptember 16-án került sor, amikor a B-67 számú dízel-elektromos *Zulu osztályba* tartozó hajó kilőtte az R-11FM típusú rakétáját. Igen kezdetleges volt a rendszer, csak a toronyban volt a rakéta számára hely, és vízfelszínről kellett indítani. Még nem létezett az a módszer, hogy magából a rakétaszállító tubusból lőjék ki, hanem a tubus tetejéig emelte a rakétát függőlegesen egy indító asztal és arról lőtték ki. Az asztal rendelkezett egy giroszkópos stabilizátorral, a röppályát a tengeralattjáró Dolomit típusú fedélzeti számítógépe számolta ki, figyelembe véve a hajó imbolygását, majd kiválasztotta a helyes pillanatot a tüzelésre. Salétromsav és oxigén keveréke hajtotta a rakétát,

és nukleáris robbanófejjel 170 km volt a hatósugara 1 kilométeres pontossággal. A D-1 rakétakomplexum nevet kapta a tengeralattjáró a rakétával együtt, és ez lett a világon az első ballisztikus rakétahordozó tengeralattjáró.

Az első nukleáris meghajtású ballisztikus rakétahordozó az amerikai *George Washington osztály* volt, amely a *Scorpion osztályon* alapul, csak a torony mögötti területre egy 39,5 m hosszú betoldást terveztek, amelynek szögletes teteje lehetővé tette a 16 db UGM-27 Polaris A-1 típusú rakéta elhelyezését és indítását. A Polaris rakéta kétfokozatú, szilárd üzemanyagú gyorsító hajtóművel volt ellátva, és az R-11 Scudhoz hasonlóan 1 km-es volt a pontossága, ám a hatótávolsága 4600 km volt. A nukleáris robbanófeje 600 kt erejű volt. Ez volt az első olyan interkontinentális ballisztikus rakéta, melyet vízfelszín alól és mozgás közben kilőhettek, ezzel kiküszöbölve, hogy a hajó az indítás közben ellentámadásnak legyen kitéve. Az A-3 változat volt az első MIRV robbanófejjel felszerelt rakéta, így ellensúlyozva a találati pontatlanságot azzal, hogy növelték a robbanófejek számát. Manapság a legtöbb robbanófejet hordozó SSBN az *Ohio osztály* [5], legalábbis azok, amelyeket nem alakítottak át cirkálórakéta hordozóvá. Az *Ohio osztály* 24 rakétavetőcsővel rendelkezik, számossága szerint a legnagyobb a világon, és belőlük UGM-96 Trident I C4 rakétát is lehetséges indítani. A rakéták 7400 km-es hatósugárral rendelkeznek, és rakétánként maximum nyolc, 100 kt erejű W76 robbanófejet képesek célba juttatni. 2005-től kezdve kicserélték UGM-133A Trident II-re mind a brit és amerikai SSBN-eken.

Napjainkig tartja a méretbeli rekordot a szovjet ballisztikus rakétahordozó tengeralattjáró osztály, 941-es tervszámú *Akula* (Nato: *Typhoon*) [12]. A szentpétervári Rubin tervezőirodában vált valósággá. Többféle elképzelés is született a hajótesthez, például kitaláltak egy nyomásálló testet, amelyben két sorban helyezkedtek volna el a rakéták tubusai, azonban ez egy 235 m hosszú hajót eredményezett volna, ami elfogadhatatlan volt logisztikai szempontból. Ehelyett egy forradalmi, egymás mellett elhelyezett, két nyomásálló belső hajótesttel építették meg, melyek az orr és a híd között közrefogják a 20 db, párosával elhelyezett vetőcsövet. Így sikerült a hosszt csökkenteni 172 méterre, ami már elfogadható volt, és körülbelül megegyezik az amerikai vetélytársával, az *Ohio osztállyal*. A két nyomásálló hajótest rész között helyezték el a parancsnoki állást a híd aljában, ez eredményezte a jól felismerhető lefelé szélesedő felépítményét, ami 13 méterrel tornyosodik a vízvonal fölé. A felszíni vízkiszorítása 23 000 t, de a víz alatti 48 000 t, ami az *Ohio* vízkiszorításának megközelítőleg háromszorosa. A tartalék úszóképesség [8] a hajóknál azt jelenti, hogy az egy erő hatására az egyenes úszáshelyzetből

kimozdul és milyen gyorsan tér vissza eredeti állapotába. Ez a *Typhoon*nál nagyon magas, 48 %, míg például az *Ohion*nál mindössze 18%. A hatalmas tér miatt volt lehetőség beépíteni edzőtermet és a kizárólag erre a típusra jellemző szaunát valamint a hozzá tartozó medencét. Rendelkezik két mentőkabinnal, nyomásálló testenként eggyel. 1981-ben állt szolgálatba az első, ezt követően még öt darab készült belőle. Új rakétarendszert kapott, amely a korábbi szovjet rakétáknál több szempontból is fejlettebb volt. Ez volt az első szilárd hajtóanyaggal üzemeltetett szovjet rakéta, mely sokkal biztonságosabban üzemeltethető a stabilabb üzemanyag miatt, és pontosabb is volt az elődeinél. Csapásmérő eszköze MIRV rendszerű volt, (Multiple Independently Targetable Reentry Vehicle) ami azt jelenti, hogy egy rakéta 10 darab, egyenként 100-200 kilotonnás, egyedileg irányítható robbanófejjel volt felszerelve, így elkülönülő célpontokat is tudott támadni. Önvédelmi fegyverei torpedók, melyeket az orrban található hat vetőcsövön keresztül tud kilőni. A mai napig szolgálatban áll a legelső elkészült példány, a *TK-208 Dimitri Donszkoj*, bár a rakétáit lecserélték, hogy tesztelhessék a legmodernebb Bulava rakétákat [13].



[9.kép] Typhoon és Akula

Mi számít balesetnek?

A választott témánkra való tekintettel, rendkívül fontos elkülöníteni azokat a tengeralattjáró szerencsétlenségeket, melyek bekövetkezésében a szándékos szabotázs, illetve ellenséges támadás nem játszott közre. Ebből kifolyólag a következő részben egybegyűjtjük azokat a faktorokat és szituációkat, amik bekövetkezése balesethez vezethet. A felsorolás közben konkrét példákat is megemlítünk az adott szerencsétlenség fajtához.

Ütközéses balesetek:

Elsőnek mindjárt a legegyszerűbb, mégis leggyakrabban megtörténő baleset-típust említjük meg: az ütközést. Tengeralattjárók már egy évszázaddal ezelőtt is karamboloztak. Alkalmanként hajókkal, a szárazfölddel, zátonyokkal, vagy épp más tengeralattjárókkal. Napjainkban, a technológia fejlődésével ugyan csökkent ezen szerencsétlenségek száma, alkalmanként azonban mégis előfordul. Számos példát fel lehetne sorolni, hol a bűvárhajó személyzetét, hol valamilyen külső behatást hibáztatva a kialakult helyzetért, de egyik sem lenne tanulságos, mint a Nagy Britannia felségvizein történt baleset [14]. 1974-ben, tehát a hidegháború alatt, két tengeralattjáró, egy szovjet és egy amerikai ütközött a Holy Loch katonai központnál, azaz Skócia partjainak a közelében. A szerencsétlenség akkor következett be, amikor az államok *USS James Madison* nevű ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárója kihajózott a kikötőből, majd jobbra fordult és épp elindult volna a part mentén, amikor a hajótestet hirtelen egy hatalmas lökés érte. Ekkor csapódott az oldalának a feltehetőleg Viktor-típusú szovjet tengeralattjáró. A terv valószínűleg az volt a szovjetek részéről, hogy megkísérelik észrevétlenül követni az amerikai bűvárhajót.

A karambolt követően a *James Madison* visszatért a kikötőbe, ahol felfedezték a közel három méteres sérülést a hajó oldalán, míg a szovjet hajó elmenekült. Az esetről készült iratokat és jelentéseket titkosította az amerikai titkosszolgálat, mivel szerették volna elkerülni, hogy kitudódjon európai szövetségeseik között a *James Madison*-on szállított nukleáris robbanófejek száma, ami eget rengető mennyiség, százharminc darab volt a baleset idején.



[10.kép] USS James Madison, a Holy Loch állomás szárazdokkjában.

Tengeralattjárók azonban nem csak egymással ütközhetnek. Sokkal gyakoribb esetek közé tartozik a zátonyra futás. Ilyenkor általában a szóban forgó búvárhajó rendszereiben navigációs hiba lép fel, esetleg túl későn érzékelik a víz alatti sziklát vagy homokpadot, és a meglévő sebesség miatt a szerencsétlenség elkerülhetetlenné válik. Az ilyen és hasonló esetek rendkívül hasonlóak, ezért csupán egy, rövid példát hozunk fel szemléltetésképpen.

1917-ben futott zátonyra az észak-franciaországi Wissant öbölben az *UC-61* névre hallgató német búvárhajó [15]. Az *UC-61* épp aknákat telepített, amikor fennakadt egy partközeli homokpadon. A legénysége a szabályzatnak megfelelően felrobbantotta a megfeneklett tengeralattjárót, majd a partra menekültek, ahol elfogta őket a francia hadsereg. Az *UC-61*-es, szinte felismerhetetlen roncsai a mai napig láthatók a homokban, félig eltemetve.

Az ütközések típusai közül egyedül a gázolás maradt ki. Ezen balesetek (vagy szándékos incidensek) akkor következnek be, amikor tengeralattjáró egy felszínen lebegő testtel, például egy hajóval ütközik. Ez bekövetkezhet merő véletlenségből. Mondjuk békeidőben. Illetve szándékos önvédelemként, elsősorban háború idején. Ilyen karambolok bekövetkezése során, általában a tengeralattjáró húzza a rövidebbet, hiszen a törékeny, általában szivar alakú testet

víznyomás kiállítására tervezték. Nem pedig arra, hogy zokszó nélkül viselje, amikor egy több ezer tonnás, acélból készült hajótest teljes sebességgel elgázolja.

Így járt az *U-103*-as német tengeralattjáró is, amikor megkísérelte elpusztítani az *HMT Olympic* királyi postagőzöst, sikertelenül [16]. Az *RMS Titanic* idősebb testvérhajója amerikai katonákat szállított Franciaországba, amikor észlelte az *U-103*-at, a felszínen lebegni. A hajó tüzet nyitott a kiskaliberű elhárító fegyvereiből, közben pedig megindult, hogy a hajótest végezze el a piszkos munkát. Végül a tengeralattjáró nem tudta időben kilőni a torpedóit, sem nem volt képes lemerülni a biztonságot jelentő mélységbe, hisz az *Olympic* nem rendelkezett mélyvízi bombákkal. A postagőzös csavarlapátja feltépte az *U-103* oldalát, ezzel szétzúzva a ballaszt-tartályokat. Ennek következtében pedig a bűvárhajó mozgásképtelen lett, idővel pedig elsüllyedt. 9 haditengerész vesztette életét.

Mechanikai problémákból eredő balesetek:

Dolgozatunkban ide soroljuk azon szerencsétlenségeket, amik közvetlenül és közvetve is visszavezethetők a tengeralattjáró alkatrészeire és tervezési problémáira.

Mint minden fejlődő technológia, a bűvárhajók történelme is tömve van olyan horribilis balesetekkel, amik mai szemmel nézve könnyedén elkerülhetők lettek volna, hisz “utólag könnyű okosnak lenni”.

Példának a *USS Tresher* [9] katasztrófáját szántuk, ami 1963 április 10-én merült hullámsírba, végezve teljes legénységével. A hajó április 9-én találkozott a *USS Skylark* tengeralattjáró-mentő hadihajóval, majd megkezdte ütemezett merülési tesztjét az amerikai partoktól 350 kilométerre. Egy rövidebb merülést követően a *Tresher* feljött a felszínre, majd megkezdte a teszt második, hosszabb részét, miszerint az egész éjszakát a víz alatt kellett töltenie. Ahogy ez a próba véget ért másnap reggel 6:30-kor, a tengeralattjáró megkezdte a teszt végső, mélymerülését. Az utolsó teljesen érthető rádióadást a *Tresher* kapitánya, John Wesley Harvey korvettkapitány adta le, miszerint a legénység apróbb problémákkal küszködik, ezért a tesztet megszakítva megkísérelnek a felszínre törni a ballaszttartályok levegővel való elárasztása által. Azonban a kísérlet kudarcot vallott. A tengeralattjáró nyomás által deformált roncsait csupán hónapokkal később találták meg a kutató egységek. A *Tresher* egy Permit osztályú tengeralattjáró volt. A típust azért fejlesztették ki, hogy szükség esetén szovjet bűvárhajókra

vadásszon. Korának leghalkabb, mégis leggyorsabb víz alatti járműve volt, köröket ráverve versenytársára, a *Skipjack osztályra*. A legkorszerűbb fegyverzettel, valamint passzív és aktív szonárral is ellátták, amivel példa nélküli távolságból is képes volt más járműveket érzékelni.

A végzetes katasztrófa oka egy megsérült vízvezeték volt. Az illesztések mentén a cső eltört, és a betörő víz rövidre zárta az elektromos rendszereket, köztük a meghajtást is. A kor technológiai fejlesztéseinek instabilitása miatt a zárlatot követően nem lehetett gyorsan elindítani a hajtóműveket, mert a hajó tervezésénél a mérnökök letiltották ezt a lehetőséget. Ezzel könnyedén meg lehetett akadályozni, hogy egy bekövetkező baleset után a nukleáris reaktor leolvadjon. Ez azonban vajmi keveset segített a *Tresher* legénységének, amikor megkísérelték újraindítani a turbinákat. A tartályok levegővel való elárasztása is sikertelen volt, ezért a *Tresher* lassan, de folyamatosan merülve lépte át a 600 méteres vízmélységet. Ez a nyomás volt a maximum, amit a hajó burkolata kibírt probléma nélkül. Röviddel ezután a hajótest összeroppan, ezzel megpecsételve a működésképtelen hajó sorsát [17].



[11.kép] USS Tresher

Anyagfáradás miatt bekövetkező balesetek:

A kifáradás a szerkezeti anyagok egyik tönkremeneteli módja. Periodikusan ismétlődő, hosszabb ideig tartó terhelés hatására a szerkezeti anyagok hajlamossá válnak alacsonyabb feszültség szinten is eltörni. Fémes anyagokban a fáradás először a legnagyobb feszültségi

helyen kezdődik. Az elemi kristályok diszlokációinak elmozdulásaival. Általában gyártási hiba, vagy elrontott tervezés esetén lép fel anyagfáradás, ami mindig egy kezdeti, szemmel nem látható repedésből indul ki. A terhelés ismétlődésével a repedés tovább terjed. Ennek hatására az ébredő feszültség növekedni kezd, míg végül eléri az anyag szakítószilárdságának nagyságát és eltöri a mintát. A fáradt törést befolyásoló tényezők között tartjuk számon például az adott felület érdességét, az oxidációt, a kémiai hatásokat és a hőmérsékletet, valamint a kopást is.

2017. november 15-én az argentin haditengerészet akkor 32 éves tengeralattjárója szabályszerűen eltűnt a radarokról [18]. Az ARA San Juan TR-1700-as osztályú tengeralattjáró novemberben futott ki a tengerre egy tűzföldi kikötőből. Gyakorlatozni indult, valamint feladata volt az orvhalászok távoltartása is. November 19-én kellett volna befutnia a Mar del Plata haditengerészeti bázisra, ám oda sosem ért el. A heves viharoknak köszönhetően a San Juan szinte teljes útja alatt a víz alatt közlekedett, periszkóp mélységben, hogy pontosítsunk, hiszen oxigénre szükség volt a dízelmotorok működtetéséhez.

November 15-én érkezett utoljára jelentés a hajóról. Számtalan ország mentő és kutató egységei keresték a tengeralattjárót hetekig. Kezdetben túlélők, majd pusztán a roncs után kutatva.

Nagyjából egy évvel a baleset után egy tengerfenék-kutató magáncég, 600 kilométerre a parttól, végül megtalálta a San Juan roncsait, majdnem 1000 méteres mélységben [19].

Habár a roncsok továbbra is az óceán mélyén hevernek, a szakértők szerint a szerencsétlenséget anyagfáradás is előidézhette. Hiszen a harminc éves bűvárhajó a 2013-as felújítása ellenére is öreg maradt. Az állandó sós környezet, valamint a burkolatra nehezedő nyomás lassú, de folyamatos pusztítást végzett a külső burkolat anyagszerkezetében, ami végül fáradásos töréshez vezethetett. Sajnos a baleset pontos okait egészen addig a napig homály fogja fedni, amíg a roncsot ki nem emelik és behatóan meg nem vizsgálják.

Gyártási hibából / fegyverrendszer meghibásodásából eredő balesetek:

Dolgozatunk felépítése szerint ide soroljuk azon tengeralattjáró baleseteket, amelyek minden külső hatástól mentesen, kizárólag saját rendszereik, vagy fegyvereik meghibásodásának köszönhetően veszttek oda. Példának a *USS Tang* esetét hozzuk fel, ami a saját maga által kilőtt torpedó hibája miatt süllyedt el [20]. A *USS Tang* egy *Balao* típusú amerikai tengeralattjáró

volt a második világháború során. 1943 októberében bocsátották vízre, és pusztulásáig kilőtt 33 ellenséges Japán hajót.

1945 októberében a hajó legénysége járőrözés közben kiszúrt és megtámadott egy nagyobb Japán konvojt Taiwan közelében. Elsüllyesztett egy rombolót és egy tankerhajót, majd kilőtte utolsó, *Mark 18*-as torpedóját [4] is egy még lebegő, ám mozgásképtelen szállító hajóra. Ez a torpedó azonban célt tévesztett és meghibásodott. Megtett egy teljes kört, és nagyjából húsz másodperccel a kilövése után a *USS Tang* hátuljába csapódott. A tengeralattjáró 55 méteres mélységbe merült, és mindössze 9 tengerész élte túl a 87 fős legénységből a balesetet.

A katasztrófa oka a meghibásodott *Mark 18*-as torpedó volt. 1943-ban rendszeresítették az amerikai haditengerészetnél, és egészen 1950-ig volt használatban. Fejlesztése és tesztjei során nem minősült túlzottan megbízhatónak. A felszínen nem húzott légbuborék csíkot maga után, emiatt pedig nehezebb volt a megtámadott hajó legénységének időben kiszúrnia a torpedót. Elektromotor hajtotta, ami modernnek minősült az adott korban, illetve az új formatervezés nélkülözte azon problémákat, amelyek elődjét, a *Mark 14*-est egy katasztrófális fegyvernek bélyegezte. Sajnos, előnyein túl a típus továbbra is rendelkezett számottevő hátrányosságokkal. Például az elektromotor nem adta le a tervezés során várt teljesítményét, cserébe viszont nagy mennyiségű hidrogén gázt termelt, ami komoly robbanásveszélyt jelentett. Továbbá hajlamos volt kilövés után irányvektort változtatni, ami néha katasztrófába torkollott. Mindezek ellenére a második világháborúban kilőtt amerikai torpedók harminc százaléka *Mark 18*-as volt.

Konstrukcióhibás típusok:

A Brit Királyi Haditengerészet, de talán a világtörténelem legrosszabb tengeralattjáró típusa volt a hírhedt *K osztály* [11]. A típus az első világháborúban teljesített szolgálatot, az első példányok 1917-ben lettek hadrendbe állítva. A tervek szerint 21 darabból álló sorozatnak csak 18 tagja készült el, egy kivételével mind a háború alatt. Rövid története során nagyon gyenge statisztikákat produkált. A 18 hajóból hat süllyedt el valamilyen baleset következtében, és a többi is részese volt olyan baleseteknek, amelyek számos emberéletet követeltek. Sajátos módon ez volt az egyetlen olyan osztály a két világháború során, amely ellenség által nem, csak baleset által szenvedett veszteséget. Harci cselekményben is csak egyszer vett részt, amikor a *K-7* lajstromszámú hajó egy német U-bootot támadott meg. Ahogy az lenni szokott ennél a típusnál, a szerencse itt sem állt az oldalára, hiszen a torpedó ugyan eltalálta a célját, a robbanófej nem robbant fel, ezért jobbnak látta a legénység menekülőre fogni a dolgot.

Rengeteg ütközéses baleset is történt az osztály tagjaival. A *K-1* nekiütközött a *K-4*-nek, a *K-6* és *K-7* ugyancsak a *K-4*-nek melynek következtében az elsüllyedt, magával vée a hullámsírba a legénységét. A *K-5* rejtélyes módon eltűnt a Vizcayai-öbölben, és végül a *K-13* a tesztüzem során süllyedt el. Mindezek nyomán a brit tengerészek mondása lett a "K-luck" ami K szerencsét jelent magyarul a balszerencsére utalva. Az egész osztály pedig a Kalamity-class becenevet kapta, amely szerencsétlen osztályt jelent. A hajó maga egy nagy támadó tengeralattjárónak lett tervezve, korának legnagyobbja a maga 2000 tonnájával a felszínen. Dupla gőzturbinája lenyűgöző, 24 csomós sebességre tudta gyorsítani a felszínen, és a felszín alatt is képes volt 8 csomót elérni, amely korának egyik leggyorsabbjává tette. Azonban a sebesség még nem minden. Tömegéből és korából adódóan nem volt túl jó a mozgékonyasága, ami azt jelenti, hogy nehézkesen változtatott irányt, és rossz időben erősen kellett küzdenie, hogy felszínen tudjon maradni. Az unortodox megoldása, hogy egy két vetőcsöves torpedóindítóállványt szereltek a fedélzetére nem vált be, mert nagyban befolyásolta az úszóképességét, főleg a víz alatt. Hajlamos volt továbbá magától alámerülni, és ha ez sekélyebb vizeken történt, akkor nem egyszer megesett, hogy belefűródott a tengerfenékbe. Fegyverzete 2x4 18 inches torpedóvetőcsőből állt, a felszíni ütege két darab 4 inches és egy darab 3 inches ágyúból állt. 1921-26 között az összeset szétbontották, kivéve *K-26*-ot, amely 1930-ig túlélte, de a tömege meghaladta a londoni haditengerészeti egyezményben foglaltakat, így azt is elbontották, ezzel lehetőséget adva a fejlődésnek, amely az *M osztályt* jelentette.



[12.kép] Egy példa arra, hogy a K osztállyal milyen balesetek történtek

A *Pr.627 November osztály* [10] volt az első nukleáris meghajtású tengeralattjáró a szovjet haditengerészet kötelékében. Amilyen áttörést jelentett ez számukra, annyira volt értelmetlen egyaránt. Hiába szerzett jóformán végtelen hatótávolságot, hihetetlenül zajos volt. A hajó hosszú, szivar alakú volt, és ahogy oly sokan abban az időszakban, a XXI-től kapták a formájukat, mind a hajótest, mind a torony esetében. Elektromos berendezéseit viszont már az újabb, *Foxtrot osztály* biztosította. Bár ez az osztály rendelkezett az első szonárelnyelő réteggel, olyan zajos volt, hogy ez mindössze pszichológiai jelentőséggel bírt. A szonárjai nem voltak túl kiforrottak, hiába szerelték fel aktív és passzívval, a nagy zajszennyezése és a gyenge megfigyelő képessége nemigen tette lehetővé, hogy más tengeralattjárókra vadásson. A meghajtásáról két VM-A reaktor gondoskodott, mely 30 csomó közelébe tudta gyorsítani a tengeralattjárót, jóval tekintélyesebb sebességre, mint amennyit a korabeli Nautilus el tudott érni. A felsoroltak ellenére többször is meg tudta lepni a NATO hajókat ez a típus. Szardínia partjainál 1965-ben a K-27 (hiába egyeznek a nevek a korábban tárgyalt angol K osztállyal, ez csupán a véletlen műve) észrevétlenül megközelítette és szimulált torpedó támadást intézett az amerikai *USS Randolph* hordozó ellen. 1968-ban egy másik November-osztály tartott lépést az amerikai repülőgéphordozóval, a *USS Enterprise*-al, miközben az utóbbi teljes sebességgel haladt. Ez megijesztette az amerikaiakat és ennek az ellenlépéseként állították hadrendbe a *Los Angeles osztályt*, amely képes volt felvenni a sebességi versenyt. A Novemberek sebessége azonban nem volt olcsó. Hogy lépést tudjon tartani a NATO felszíni hajóival, reaktorait a biztonságos teljesítmény felett kellett üzemeltetnie, emiatt a legénység állandó életveszélyben volt. Nem rendelkezett kielégítő sugárzás elleni védelemmel, ezért a legtöbb ilyen típusú hajóban a legénység többször is kaphatott nagy dózisu besugárzást a szolgálatának fennállása során. A fent említett problémák miatt valószínűsíthető a tény, hogy a kubai rakétaválság rendezésére a Szovjetunió nem nukleáris *Novembereket*, hanem dízel elektromos *Foxtrotokat* küldött. Az akkumulátorok töltése érdekében ezeknek néha felszínre kellett emelkedniük és olyankor az amerikai hadihajók sarokba szorították és elkergették őket. A K-8 volt az első hajó ebből az osztályból, amely meghibásodott 1960-ban. A gőzturbina eltört csöve majdnem egy magolvadást vont maga után, mert a törött csövön keresztül a reaktor primer körének a hűtővize szabadon folyt ki. Bár sikerült megjavítani, több legénységi tag súlyos sugárfertőzést kapott. A K-14 hasonló módon járt 1961-ben, és javítása érdekében teljes reaktor cserére volt szükség. 1965-ben, fűtőanyag újratöltés közben radioaktív gőz terjedt végig a hajón kétszer is. A rosszul azonosított probléma és az utána következő rossz válságkezelés hatására ki kellett üríteni a

reaktortermet, melynek következtében több tűzgóc is keletkezett a hajótesten belül, amit csak több száz tonna tengervíz bepumpálásával tudtak eloltani. Hét ember kapott halálos dózisú sugárzást, és a reaktort teljesen ki kellett cserélni, hogy újra szolgálatba állhasson. A *K-3*-mon, miközben a Földközi-tengeren őrzáratozott, kitört egy hidraulikus tűz, amely a legénység számára súlyos szénmonoxid mérgezéssel és 39 halálessel végződött. Szerencsére egy tiszt a magassági kormányoknál a tudatánál maradt, és felszínre tudta hozni a hajót. A későbbi vizsgálat szerint az egyik matróz a torpedóteremben dohányzott és az okozta a tüzet. A *K-27*-nek a Barents-tengeren leállt az egyik rektora 1968-ban. Hiába jelezte a legénység már egy évvel korábban, hogy probléma van vele, néhány beállítás után próbaútra utasították a hajót. A legénység mind a 124 tagja kapott bizonyos mértékű besugárzást, de Leonov kapitány órákon keresztül nem volt hajlandó hibaelhárításra, mert szentül meg volt győződve, hogy a reaktor nem romolhatott el. Ennek következtében öt legénységi tag vesztette életét a következő hónapban, 25 másik egy éven belül. A hajó javításai túl költségesnek bizonyultak, ezért a Sztepojov-öbölben 33 m mélyen elsüllyesztették az egyébként biztonságosnak ítélt 3000-4000 m helyett. 1970-ben a *K-8* részt vett az Okean 70 hadgyakorlaton, amikor a parancsnoki állásban és a reaktorteremben egyszerre rövidzárlatok keletkeztek, és mindkét helyen kigyulladtak a kábelek. A tűz a légkondicionáló rendszeren keresztül terjedt szét, de a kapitánynak sikerült felszínre hozni a hajóját. A technika és a legénység megúsza volna csupán közepes veszteségekkel, de a szovjet hadiflotta visszarendelte a legénység felét, hogy hozzák működőképes állapotba a tengeralattjárót, az azonban útközben viharba keveredett és elsüllyedt. magával víve 58 embert és négy nukleáris torpedót a hullámsírba. A nagyobb katasztrófák, amivel a Novembereknek szembe kellett nézniük, nem kizárólag a szovjet szemléleten alapult a biztonság vagy a karbantartások felé, hanem az a korai reaktor tervezési hibáktól szenvedett és hasonló problémákkal néztek szembe az Echo- és Hotel-osztályok tagjai is. A '80-as években kezdték el a hadrendből való kivonását ennek a három osztálynak, és mára már egy példány sincs egyben. A *K-27* és a *K-8* kiemeléséről 2010-ben született döntés, és pár éven belül sor is kerül rá, hiszen a korrózió következtében a reaktor veszélyessé vált az óceán élővilágára.



[13.kép] K-159 vontatás közben. Utolsó kép róla a felszínen, szintén elsüllyedt 9 matrózzal együtt.

K-141 Kurszk katasztrófája:

Az 1970-es években ugrásszerű fejlődésen ment keresztül az amerikai hordozó harccsoport, hiszen megépítették az első *Nimitz osztályú* repülőgéphordozót, modernizálták a légvédelmet F-14 Tomcatekkel, Hawkeye AWACS (Airborne Early Warning and Control) légtérelőző repülőgépekkel és modern vadásztengeralattjárókkal. Ezekre a veszélyforrásokra a szovjetek a legkézenfekvőbb megoldást a SSGN-ekben látták. Ezek a robotrepülőgép hordozó tengeralattjárók voltak, amikkel szemben azt az elvárást támasztották, hogy biztos távolságból (500-550 km-ről) támadják meg az ellenséges CBG-t (Carrier Battle Group, azaz hordozó hadcsoport), sorozatokban kilőtt, irányított rakétákkal. Úgy kalkuláltak, hogy egy csoportban 20-24 rakétát érdemes kilőni, hogy eredményes legyen a támadás, ez viszont azt jelentette, hogy a hordozó járműnek 4-5-ször nehezebbnek kell lennie, mint az addigiak. A tervezetnek "тяжелого подводного ракетного крейсера" nevet adtak, ami magyarul annyit tesz, hogy

nehéz, robotrepülőgép-hordozó tengeralattjáró, bár érdekes módon az orosz a cirkáló szót használja [3].

A tervezési lehetőséget a leningrádi (ma Szentpétervár) 18. sz. Központi Tervezőiroda kapta, név szerint Rubin. Az irodánál párhuzamosan fejlesztették a rakétát, amely a korábban bemutatott P-700 Granit lett, és a hozzá tartozó hordozó tengeralattjáró, a *Pr. 949* (Nato kód *Oscar*). Az indokolta a rakéta és a tengeralattjáró egyidejű fejlesztését, hogy a már meglévő SSGN-ek vagy régi rakétákat voltak csak képesek indítani, amit a felszínről kellett megtenni, és ez már a kor színvonala mellett elfogadhatatlan volt, vagy pedig túl keveset tudtak, amelyek ellen az ellenséges légvédelem már helyt tudott állni. A tengeralattjárónak kéttengelyes meghajtást terveztek, egyenként 45000 Le teljesítményű turbinával, és végül 24 indítótubussal látták el. A reaktorok megmaradtak az addigra már tökéletesített nyomottvizes, vízhűtéses és vízmoderátoros konfiguráció mellett, mert az a technológia a legbiztonságosabb, főleg egy harci jármű esetén, ahol bármikor ki lehet téve sérülésnek. Apróbb problémák ugyan felmerültek a használat során, de ez inkább a gyártási minőség számlájára lehetett írni, mint konstrukciós hibának, ahogy például a November VM-A reaktoránál. Megvalósították az ún. természetes cirkulációt, amely azt jelentette, hogy bár rendelkezik a reaktor hűtőszivattyúkkal, de ha rövidítenek a csöveken és növelik az átmérőjüket, akkor a víz olyan sebességgel fog áramlani, hogy nincs szükség a szivattyúkra. Ezzel a megoldással csökkent a gépészeti zaj is. A rezgéseket is sikerült tovább csökkenteni oly módon, keménygumi blokkokra fogatták fel a gépeket, ami elnyelte a rezgéseket. Ez volt az első tengeralattjáró, amelynek a hajóteste gumiborítást is kapott, ezzel harcolva az aktív szonár ellen, elnyelve annak pásztázó hullámait. A hajótestet titán helyett acélból gyártották a költségek csökkentése érdekében. Granit rakétáinak indítását víz alól végezték, elárasztott konténerrel, de szükség szerint lehetett felszínen is indítást végezni. A hajó méretei lenyűgözőnek mondhatók a korábbi típusokhoz képest. A hossza 154 m, a szélessége 18,2 m volt, ami a megelőző *Pr. 671 Victor* (22) 102 m-es hosszához és 10 méteres szélességéhez képest komoly méretbeli növekedést jelentett. A vízkiszorítása 12 500 t és a tartalék úszóképessége 40%, ami nagyon soknak számít, igen szívóssá tette az osztály tagjait. Az egész hajótest AK-33 jelű króm-nikkel acélból készült, a külső héja 8,5 mm vastag, míg a kormányoknál és a toronynál további 45-70 mm-el megnövelt mérettel bírt. Az egész hajótestet beborították a fent említett keménygumival, 40-80 mm vastagon. Számítások szerint, ez a konstrukció 1,1 km-es körön kívül kibírt volna egy 10 kt erejű atomrobbanást. Ahhoz, hogy a hajtómű is túlélje, legalább 1,3 km-es távolságra lett volna szükség. A rekeszfalak 50 g gyorsulás elviselésére lettek tervezve, ezzel védve a többi rekeszt

az esetleges találatok esetén (ez később fontos szerepet fog játszani). A megengedett merülése 500-600 m közé tehető, a maximális pedig 700 m-re. Végsebessége 32 csomó, de ahhoz, hogy rejtve közlekedjen a víz alatt, kavitáció nélkül, 127-es percenkénti fordulattal 21 csomós sebességet képes elérni. A híd különálló és nyomásálló egységet alkot, benne található az összes megfigyelő eszköz a szonáron, hidrofonon és a vontatott antennán kívül. Megtalálható még továbbá a mentőkabin is, ami egy orosz/szovjet sajátosság. Ez gyakorlatilag egy bűvárharang, amely az egész legénységet be tudja fogadni vészhelyzet esetén. Kiemelhető a toronyból is.



[14.kép] A Kurszk 2000. május 1-én

A K-141, azaz ismertebb nevén Kurszk (a Szovjetunió felbomlása után a hajókat, ha városról nevezték el, akkor az azt jelentette, hogy az adott város szponzorálta) gerincét 1992-ben fektették le, és két év múlva bocsátották vízre. A hajó későbbi sorsára utaló bajós előjelek már itt megjelentek, hiszen számos szabályt figyelmen kívül hagytak az építés során, mint például a zárófalakat csak 100 m mélységig tesztelték az előírt maximális mélység helyett, vagy a mentőberendezéseket sem szabályszerűen vették át. Léteznek bizonyos információk, melyeknek a valóságtartalma nem tisztázott, miszerint a menekülőkabint egyszerűen lehegesztették és már nem volt képes a feladatát ellátni. 2000 nyarán a Kurszk egy harci bevetésen volt, onnan tért vissza nyár közepén. Valószínűsíthető, hogy testvérhajója a K-119 Voronyezs javítási munkálatai miatt osztották be az azévi hadgyakorlatra, ami azért volt különleges, mert a szovjet idők óta nem volt ahhoz hasonló méretű. Mivel a legénység egy része

eltávon volt, így más hajókról is osztottak be legénységet, hogy meglegyen a létszám. A legénységen kívül a hadgyakorlat megfigyelésére és az elvégzendő mérések miatt még öt fő gyakorlati koordinátor és két fő üzemi képviselő is behajózásra került. A fegyverzet összetételéről hivatalos adatok nem állnak rendelkezésre, de a doktrína szerint 22 db éles és 2 db gyakorló P-700-at szállított az indító állásaiban. Torpedók terén 2 db USZET-80 és szintén 2 db 65-76A típusú torpedót vitt magával. Volt a torpedószakaszban ismeretlen mennyiségű Va-111 Skval torpedó is. Augusztus 10-én futott ki és indult el a gyakorlat helyszínére (21). A feladata szerint a Pjotr Velikij zászlóshajó hajóraját kellett megtámadni a gyakorló rakétaival és torpedóival. 11-én sikeresen teljesítette a Granit indításokat. Másnap 11.30-ra kellett volna megérkeznie a következő gyakorlat helyszínére. Ehelyett engedélyt kért egy sérült torpedó indítására mivel az veszélyt jelentett a hajóra. Az engedélyt megkapta és ezután az orosz geofizikai állomáson két rengést figyeltek meg, de nem továbbították az információt. A norvég állomások viszont részletes adatokat közöltek róluk. Az első a Richter-skálán 1,5 erősségű volt, míg a második 2 óra 15 perccel később 3,5-es értéket vett fel. A tengeralattjáró Szevermorszktól 85 tengeri mérföldre, 108 méteres mélységben süllyedt el. A robbanás a torpedóteremben történt, és egészen a hídig söpört a 2700 °C-os tűzvihar, ezzel elzárva a kiutat a menekülőkabinon keresztül. Gyorsan növekedett a vízállás a hajó belsejében. A túlélők a robbanástól legtávolabbi rekeszbe, a tatnál elhelyezkedő 9-esbe menekültek, hogy az ott lévő zsilipen próbáljanak menekülni. Az égő hidrogénperoxid úgy átforrósította a többi torpedót, hogy azok töltete berobbant és körülbelül 2-5 t TNT-nek megfelelő detonáció következett be, amely teljesen elpusztította az első négy rekeszt. Az első válaszfal, ami kibírta a robbanást, a reaktort elválasztó volt, amely fal 48-49 g-s terhelést kapott és 50-re volt méretezve. Habár a Pjotr Velikij hallotta a robbanásokat, a gyakorlat vezetője, Popov admirális várt a következtetések levonásával, de azért értesítették a Rudnickij mentőhajót. Fél 7-kor, amikor nem jelentkezett be a Kurszk, kezdték sejteni, hogy probléma van, ám ekkor a nyugati hatalmak már tudták a történeteket és segítséget ajánlottak fel. Két mentő búvárhajót küldtek a helyszínre, az ASZ-32-t és az ASZ-34-et. A következő öt napban felváltva merültek le a búvárhajók, de az összes sikertelen volt, elsősorban a rossz műszaki állapotuk, másrészt a tenger háborgása miatt. Az ASZ-34 több ízben is nekiütközött a Kurszk roncsának, végül már az ASZ-32 tartalék alkatrészeit használták fel a karbantartáshoz. Végül augusztus 17-én elfogadták a külföldi segítséget, ám a tengeralattjáró feltárása során, sajnálatos módon nem találtak túlélőket. A balesetet nem megfelelő minőségű fegyverzet és emberi mulasztás egyaránt okozta. A 65-76A típusú torpedó egyébként sem volt egy jó minőségű széria, hiszen az, amiből a Kurszk fedélzetén kettő is volt, 1990-ben tízes sorozatokban készült, és abból hat nem ütötte meg az

amúgy is silány színvonalat. Végül, jobb híján átvette őket a haditengerészet. Az akkor már 10 éves torpedó bizonyos részeinek lejárt a szavatossága, de nem kerültek cserére. A torpedó hibáját hegesztési hibára vezették vissza, de a legénységnek is szerepe volt a katasztrófában, hiszen berakodás közben le is esett. Egy nappal korábban jelezték, hogy szivárog a HTP üzemanyag a torpedóból, mégsem történt semmilyen intézkedés ellene.

Később kiemelték a Kurszk intakt hátsó részét, a megsemmisült orrot a tengerfenéken hagyták, bár a torpedóit még előtte kiemelték. Szárazdokkba vontatták a megmaradt részeit, ahol megvizsgálták a roncsot, majd 2003-ban először az üzemanyagot emelték ki a reaktorból, majd magukat a blokkokat is. Azóta részben elbontották és a hídból emlékművet állítottak a tengerészek tiszteletére.



[15.kép] A Kurszk a kiemelése állapotában

USS Scorpion katasztrófája :

A *USS Scorpion* egy *Skipjack osztályú* amerikai tengeralattjáró volt a hidegháború idején [21]. Építtetője, a General Dynamics Electric Boat (GDEB) 1959 decemberében bocsátotta vízre Connecticutban. Vízkiszorítása 2880 tonna, míg hossza 76 méter volt. Legénysége 83 főből állt, és egy S5W típusú nukleáris reaktor hajtotta. Az S5W az amerikai haditengerészet tengeralattjáróira tervezett meghajtási módja volt 1959-től. Napjainkban is találni olyan

búvárhajót, amin ilyen reaktor üzemel, habár kisebb-nagyobb átalakításokkal, tekintettel műszaki tervezésének korára.

Norfolk volt a tengeralattjáró bázisa, egészen az utolsó útjáig, ahol legénysége különleges kiképzést kapott nukleáris harci taktikákból. 1963-ban átesett egy felújításon, majd transzatlanti és európai vizeken járőrözött. 1966-ban szovjet felségvizeken lopakodva felvette egy űrrakéta fellövését, mielőtt elmenekült volna az őt kereső orosz flotta hajói elől [23]. 1967-ben ismét javításon esett át. Ezúttal viszont, csupán egy felületes átvizsgálást kapott, az ilyen komoly harci eszközöknél elvárható teljes karbantartás helyett. A fő indok, amiért ez elmaradt, az idő hiánya volt. Az úgynevezett “SUBSAFE” (Submarine Safety Program) eljárás, amit az adott korban használtak, akár 36 hónapig is szárazdokkba száműzte volna a *Scorpion*-t, arról nem is beszélve, mennyire drága is egy ilyen vizsgálat. Márpedig a hidegháború alatt a nagyhatalmak mindent elkövettek, hogy a lehető legnagyobb összegeket fordítsák egymás túlszárnyalásában. A “SUBSAFE” művelet egy minőségvizsgálat volt, aminek az iránymutatásával biztonságban lehetett tudni a tengeralattjárót és legénységét, valamint elkerülni egy esetleges balesetet. Az eljárás során nyomás és nedvesség tesztnek vetették volna alá a hajó összes létfontosságú rendszerét. Anyagvizsgálatot hajtottak volna végre a fontosabb elemeken, és ki is javították volna azon hibákat, amelyek később akár katasztrófát eredményeztek volna. Ennek elmaradása nagyban közrejátszhatott a *Scorpion* pusztulásában.

1968-ban számos fegyverrendszer teszt, illetve legénységi tréning után a *Scorpion*-t a Földközi-tengerre vezényelték, ahol az amerikai Hatodik Flotta hajóival közösen hajtott végre különböző műveleteket. A hajót már ekkor komoly mechanikai problémák egész sorozata sújtotta, ami miatt idő előtt hazatérni kényszerült. Freon szivárgás a hűtőrendszerből, elektromos tűz és víz beszivárgás is történt. Habár ezek még nem végzetes rendellenességek, korlátozták a *Scorpion* maximális merülési mélységét 150 méterre. Az előbb felsorolt hibákon túl, a merülési megszorításnak volt még egy indoka. Igaz, a *USS Tresher* majdnem öt éve már, hogy odaveszett, a katasztrófa utáni vizsgálatok által kimutatott okok ellensúlyozása és kijavítása még nem történt meg a *Scorpion*-on.



[16.kép] USS Scorpion

A hajó 1968. május 16-án kötött ki a Spanyolországi Rotában lévő katonai bázison, ahol partra tett két tengerészt, majd a legénység hozzákezdett az Atlanti-óceán hosszú és fáradtságos átkeléséhez. Május 17-én parancsot kaptak, hogy változtassanak irányt és derítsenek fel egy, a közelükben hajózó szovjet köteléket az Azori-szigetek térségében. A hajónak az előírások szerint 24 óránként kellett volna kódolt üzenetben bejelentkeznie és jelentést tennie. A *Scorpion* május 22-én jelentkezett be utoljára, amelyben a legénység közölte, hogy teljesítették a kapott feladatot és elindultak hazafelé. Norfolkba érésük várható időpontja 1968. május 27-re volt kitűzve. Ekkor a hajó 110 méteres mélységben haladt, mindössze 15 csomós sebességgel. Ezután a pont után, minden a hajóval kapcsolatos állítás a mai napig nincs tisztázva.

Május 22-én a “SOSUS”(Sound Surveillance System), ami az Egyesült Államok haditengerészete által működtetett szovjet tengeralattjáró-figyelő szonár rendszer volt, mélytengeri robbanásra emlékeztető hangot érzékelt az Azori-szigetektől délnyugatra. Másfél perccel ezután még egyet, ami az előzőnél jóval halkabb, de hasonló volt.

Egy nappal később a *Scorpion* keresése megkezdődött.

Május 27-én, miután a tengeralattjáró a várható érkezésekor nem futott be a kikötőbe, a flotta nem tarthatta titokban tovább, hogy nem tudják felvenni a kapcsolatot a hajóval. Ekkor közölték a fedélzeten lévők hozzátartozóival a rossz hírt, miszerint a *Scorpion*-nak nyoma veszett.

Habár a hajó maradványait csak novemberben találta meg a *Mizar II* névre hallgató oceanográfiai kutatóhajó, a *USS Scorpion* nevét még június végén kihúzták a haditengerészet hajónyilvántartásából.

A tengeralattjáró maradványai nagyjából 3000 méteres mélységben voltak szétszóródva, az Azori-szigetektől 746 kilométerre. Ezután a helyszínre szállították a *Trieste II* merülőhajót is, ami megkezdte a roncs alapos vizsgálatát.

A *Scorpion* három nagyobb darabban hevert az óceán fenekén és jól látható, mély árkot szántott az iszapban. A test első részén viszonylag kevés kár látszódott, miközben a tat rész komolyan megrongálódott. A roncsot hatalmas törmelékmező vette körül. Szerencsére a reaktor nem szenvedett károkat a baleset következtében, mivel sugárzást nem mértek a roncs körül. A *SOSUS* mérési adatai, valamint a felvételek analizálása után a vizsgálóbizottság arra a következtetésre jutott, hogy a tengeralattjáróval, valamint a teljes legénységgel egy belső robbanás végezhetett. Kizárták az ellenséges beavatkozást, ugyanakkor a baleset valódi oka a mai napig nem állapítható meg száz százalékos pontossággal.

A 1969-es, valódi eredmény nélkül lezárult vizsgálat után a *USS Scorpion* ügyét később, 1986-ban kezdték el ismételten vizsgálni. Dr. Robert Ballard, a haditengerészet kérésére felkereste a *Tresher* és a *Scorpion* roncsait is, hogy *Argo* nevű kísérleti kutatórobotjával nagyobb felbontású, színes képeket készítsen a roncsokról. Sajnálatos módon ez a kutatás sem zárult felhőtlen sikerrel, mivel dr. Ballard sem tudott semmi újdonságot felmutatni. (Azon kívül természetesen, hogy a vizsgálatokat követően megtalálta az *RMS Titanic* roncsait, ami igazi hírverést kapott)

Habár az információk a mai napig hiányosak, a robbanás lett az általánosan elfogadott oka a katasztrófának. Azt azonban valóban nem tudni, mi okozta azt. Egyes találgatások szerint a *USS Tang* balesetéhez hasonlóan, egy, a hajón található *Mark 37*-es torpedó volt a felelős, ami egy elektromos meghibásodást követően kerülhetett kilövésre. Feltehetőleg a torpedó beépített

szonárja aktiválódott, és levadászta az egyetlen potenciális célpontot: a saját hordozóját. Ez az elmélet magyarázat lenne rá, hogy a *Scorpion* roncsai miért hevernek menetiránnyal szemben a tengerfenéken. Lehetséges, hogy a legénység megkísérelt kitérni, majd elmenekülni saját torpedója elől. Természetesen, a hajó magától is könnyedén elfordulhatott saját tengelye körül a tengerfenékre merülés közben.

Egy másik teória szerint a hajón lévő akkumulátorok által termelt hidrogéngáz robbanhatott be, és üthetett léket a külső burkolaton. Egy rendeltetésszerűen működő tengeralattjáró esetén ezt a felgyülemlett gázt szellőztetéssel távolítják el, azonban a *Scorpion*-t aligha lehetett “rendeltetésszerűen működőnek” nevezni az átkelés ideje alatt. Jelen állás szerint ezt az elméletet tartják a katasztrófa valódi okának, arra való tekintettel, hogy a roncs körül heverő törmelékek jelentős része az akkumulátorok széttépett maradványai.

Korróziós tesztek:

Habár választott témánk inkább köthető a biztonságtechnika történelméhez és lassú de kitartó fejlődéséhez, hiszen az általunk összefoglalt balesetek tetemes része betudható a technológiai fejlődés okozta emberi tapasztalatlanságnak és ezekből eredő hibáknak. Amikor bekövetkezik a legrosszabb, és emberi életek vesznek oda, a vizsgálatok gyakran a legkomplikáltabb összefüggésekben keresik a probléma okát és a megoldást egyaránt [24].

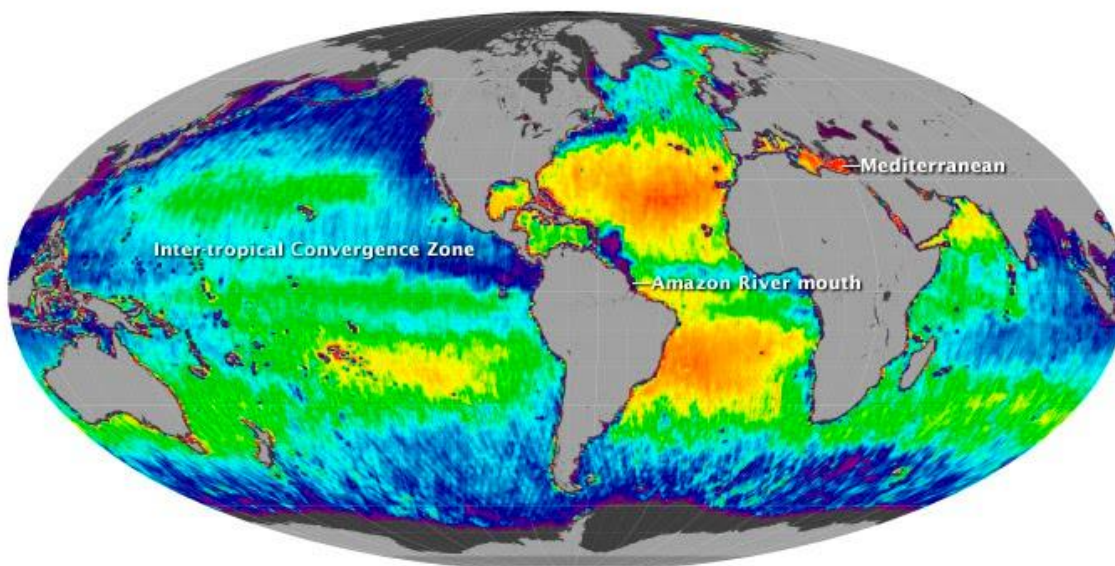
Utólag valóban könnyű okosnak lenni. Ez a mondás sajnos érvényes azon balesetek vizsgálatakor is, amikor a baleset oka egy olyan egyszerű dolog, mint például a korrózió. Dolgozatunkban korábban megemlítettük ezt a fajta baleseti faktort, most pedig egy rövid kísérletben szeretnénk volna a végére járni, hogyan és miért történnek meg ilyen katasztrófák.

Sikerült szert tennünk háromféle acélfajtára. Ezen minták ugyan nem teljesen egyeznek meg a mai modern tengeralattjárók burkolatainak anyagával, ugyanakkor az egyezés mértéke nem elenyésző. Ezen három típus név szerint a DC-04EK (ötvözetlen acél, szénttartalom 0,05%, 2,38 mm vastagság), azaz vastag szénacél, az S275JRG (ötvözetlen acél, szénttartalom: 0,15%, 0,5 mm vastagság), más néven vékony szénacél, illetve az x2CrNiMo17-12-2 (1.4404), közismertebb nevén korrózióálló ausztenites molibdénnel ötvözött acél (2,5 mm vastagság). Mivel a tengeralattjárók fokozottan kitettek a korrózióknak, a tesztet különböző korróziós közegekben végeztük: egyrészt kétféle töménységű sóoldatban (a tengervizet modellezve),

részben pedig 6%-os FeCl_3 -os oldatban (ASTM G48 szabvány szerint) Kísérletünk célja megvizsgálni ezen anyagok korrodálódását, illetve kideríteni, alkalmasak volnának-e a mai tengeralattjárók burkának anyagául szolgálni.

Ezen anyagokat 1 négyzetcentiméteres felületű darabokra szeleteltük, így vizsgáltuk mindhárom oldatban elszorított korróziós hajlamukat 24 óra után, 48 óra után, 72 óra után, illetve 144 óra után. A korábban említett acélminőségekből hegesztett változatokat is készítettünk. A varratok hossza szerint nagyjából 1 centiméteres szeleteket vágunk, amelyeket az alapsoporthoz hasonló oldatokban, hasonló időtartamig vizsgáltunk. Különös figyelmet szenteltünk a varratfémre és annak környezetére. A vizsgálat során folyamatosan mértük az egyes minták súlyát négy-tizedes pontosságú precíziós mérleggel (Mettler-Toledo, ab204). A hegesztések környezetét vizuálisan vizsgáltuk, valamint fényképeket is készítettünk, a változások ellenőrzése és nyomonkövetése céljából.

A minták előkészítése után összeállítottuk a korrodáló oldatokat. A leggyengébb egy mindössze négy százalék sót tartalmazó keverék volt, ez felel meg az Atlanti-óceán sótartalmának. A másik sóoldatunk 30%-os volt, ami lokálisan előfordulhat a vizekben. A harmadik oldatunk pedig hat százaléknyi vas-kloridot (FeCl_3) tartalmazott.



[17.kép] A föld tengereinek sótartalma

A kísérletek során az előzetesen megtisztított mintákat helyeztük az oldatokba. Mindhárom típusú acélt teszteltünk mindhárom oldattal. Az acélok hegesztett változatai esetén pedig pontosan ugyanazt a módszert követtük.

Huszonnégy óránként ellenőriztük a minták állapotát, amit természetesen dokumentáltunk is.

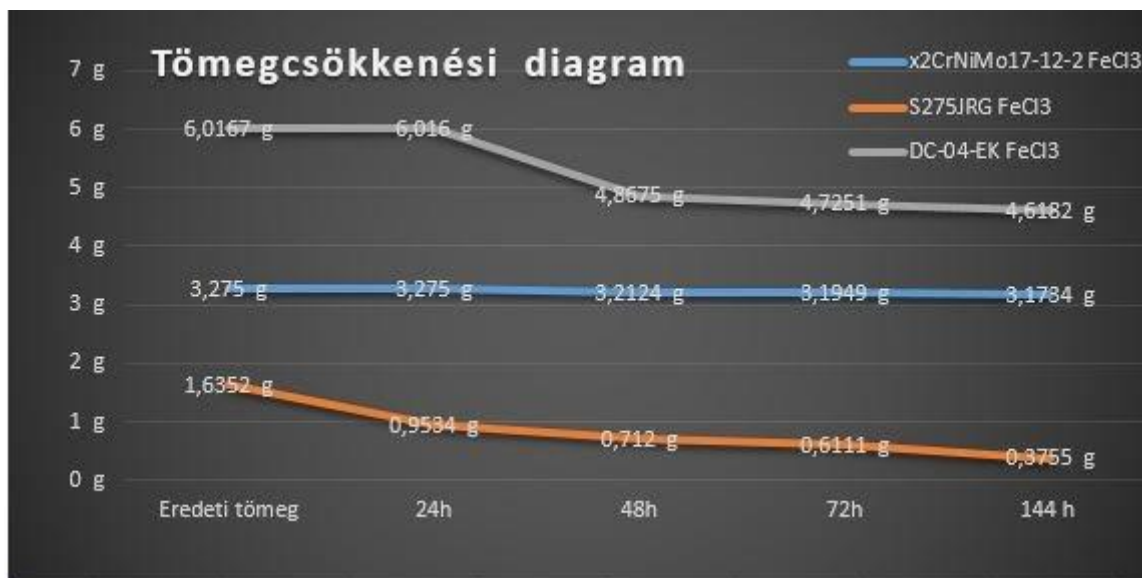
Végül percre pontosan 6 nappal a kezdete után zártuk le a tesztet.

Az eredmények változatossága meglepett minket, mert nem teljesen a várakozásaink szerint alakultak.

A nátrium-klorid oldattal kezelt sima acélminták sem súly, sem kinézet szempontjából nem változtak.[18] Ez a kijelentés igaz a négy, illetve a harminc százalékos sóoldatban áztatott mintákra egyaránt. Tehát a hat nap alatt sem a kétfajta szénacél, sem a korrózióálló acél nem roncsolódott. Ugyanezt nem lehetett elmondani a vas-kloridban ázó mintákra, amik már az első huszonnégy óra elteltével látható roncsolódást szenvedtek mindhárom minta esetén. Hat nap elteltével a két szénacél fajta számottevő mennyiséget veszített a súlyából, (A vékony szénacél súlya redukálódott nyolcvan százalékkal, a vastag szénacél súlya pedig negyven százalékkal) elszíneződött és rozsdásodni kezdett, míg a korróziómentes acél szintén sérült kis szinten, a várható eredménnyel megegyezően, nem volt jelentős a változás.

anyag és oldat	Eredeti tömeg	24h	48h	72h	144 h
x2CrNiMo17-12-2 FeCl ₃	3,275 g	3,275 g	3,2124 g	3,1949 g	3,1734 g
S275JRG FeCl ₃	1,6352 g	0,9534 g	0,712 g	0,6111 g	0,3755 g
DC-04-EK FeCl ₃	6,0167 g	6,016 g	4,8675 g	4,7251 g	4,6182 g
x2CrNiMo17-12-2 4%	3,2529 g	3,2529 g	3,2529 g	3,2529 g	3,2529 g
S275JRG 4%	1,6572 g	1,6572 g	1,6572 g	1,6572 g	1,6572 g
DC-04-EK 4%	5,7098 g	5,7098 g	5,7098 g	5,7098 g	5,7098 g
x2CrNiMo17-12-2 30%	3,2648 g	3,2648 g	3,2648 g	3,2648 g	3,2648 g
S275JRG 30%	1,6011 g	1,6011 g	1,6011 g	1,6011 g	1,6011 g
DC-04-EK 30%	6,614 g	6,614 g	6,614 g	6,614 g	6,614 g

[18.kép] Tömegváltozást rögzítő táblázat



[19.kép] A vasklorid hatására történő tömegcsökkenés diagramja

A hegesztett kötések korróziós tesztelése jelentős változást mutatott az alapanyagokhoz képest. A kísérlet az előzőekben leírt módon zajlott, azonban a hegesztett kötéssel rendelkező próbadarabokat huszonnégy óránként kivettük és ellenőriztük a varratokat. Ezenél a mintánál a varrat környezetekben lyukak keletkeztek. Már az első negyvennyolc óra elteltével is szemmel láthatóak voltak a sérülések a híg, 4%-os sóoldatokban is. Természetesen, a vaskloridos oldatban ázó minták szenvedték el a legtöbb roncsolódást. A szénacélokon apró lyukkezdemények indultak növekedésnek a hegesztések mentén. Az elszíneződött hőhatás övezetek területe jól láthatóan csökkent, úgy a szénacélokon, mint a korrózióálló acélokon. Továbbá mindegyik anyag varratában apró lyukkezdemények jelentek meg már az első 48 óra után főleg a vas-kloridos oldatban.



[20.kép] 30%-os oldat (48 óra)



[21.kép] 4%-os oldat (48 óra)



[22.kép] FeCl3 oldat (48 óra)

A kísérlet kezdete után hetvenkét órával a mintáknál erőteljes romlást tapasztaltunk mindhárom oldatnál. A szénacélok hőhatás övezetei feketére változtak a nátrium-kloridos oldatokban is, továbbá nagyszámú apró lyuk-kezdemény keletkezett a varraton, a harminc százalékos nátrium-klorid oldat még a korrózióálló acélt is jelentősen kikezdte. A vas-klorid oldat teljesen átlukasztotta a varratokat mind a vastag, mind a vékony ötvözetlen szénacélnál. A korrózióálló acélmintánál a varratot jelentősen kikezdte az vas-kloridos oldat, az alapanyag felszínén is erős oxidáció nyomai voltak láthatók.



[23.kép] 30%-os oldat (72 óra) [24.kép] 4%-os oldat (72 óra) [25.kép] FeCl_3 oldat (72 óra)

A hatodik nap után a mintákról készült felvételeket a 26-ik, 27-ik, 28-ik ábrán láthatjuk.

A vékony szénacél súlyosan megrongálódott és tömegének jelentős részét elvesztette a vas-kloridos oldatban. Amint látható, a nátrium-kloridos keverékben is számottevő korrózió játszódtott le. Mindhárom esetben komoly lyuk-kezdemények illetve lyukak alakultak ki.

A DC-04-EK-s minőségű acéllemezt tömegében jobban megkímélte mindhárom oldat, viszont a korrózió nyomai megfigyelhetők voltak.

A korrózióálló acélon főleg felületi sérülések és rozsda vehető észre mindhárom oldatban, azonban a vas-kloridos oldat esetében a hegesztés szintén súlyos sérüléseket szenvedett.



[26.kép] 30%-os oldat
(kísérlet vége)



[27.kép] 4%-os oldat
(kísérlet vége)



[28.kép] FeCl₃ oldat
(kísérlet vége)

Kísérletünk eredménye azt mutatja, hogy a hegesztések mentén az erősen korrodáló anyagok képesek súlyos károkat okozni, amelyek különleges esetekben képesek egy tengeralattjáró vesztét is okozni. Mivel mindhárom acéltípus varratának környezetében jelentős károsodás történt, célszerűnek látjuk a varratmennyiségeket minimalizálni.

Interjú:

Alkalmunk nyílt feltenni pár kérdést a Bundesmarine, azaz a német haditengerészet egykori tengeralattjárón szolgáló katonájának, Balogh Bencének, aki örömmel és bőkezűen válaszolt legjobb tudása szerint. Választott témáink tartalmaztak kérdéseket a Bundesmarine biztonsági előírásaihoz kötődően, továbbá a legénység kiképzésével és problémamegoldó képességeivel kapcsolatban. A beszélgetésről készített elemzésről fogunk írni dolgozatunkban. Az interjú célja volt kideríteni, hogy egy európai hatalom miként bánt a XXI. században a tengeralattjáróival és azok legénységével.

Balogh Bence egy *Typ XXI*-es tengeralattjárón szolgált, ami manapság a német haditengerészet legfejlettebb merülőhajójának, a *Typ 212*-es tengeralattjárónak az iskolahajója. Ezt a dízel-elektromos meghajtású tengeralattjáró változatot hosszú ideje használja a flotta, ezért számos öregedés miatti problémával volt alkalma a legénységnek találkozni, továbbá a *Typ XXI*-es összes hajózája magas fokú kiképzést kapott hibaelhárításból a tengeren. Amikor megkérdeztük Bencét a szolgálata alatt megjelenő hibák számáról, egyszerűen azt a választ kaptuk, hogy kétszázötven (főleg apróbb) incidens után abbahagyta a számolást. Megtudtuk, hogy a tengeralattjárón szolgáló összes katonát kiképzí a német haditengerészet, az adott merülőhajón

bekövetkező összes olyan hiba elhárítására, amit el lehet végezni a tengeren. Kezdve a legapróbb, szinte elhanyagolható problémától egészen a legénység életét veszélyeztető, katasztrofális hibáig. Az tengerészek általánosan elfogadott mentalitása az, hogy a hajót mindig a lehető legtökéletesebb állapotban kell tartani.

Megtudtuk, hogy a tengeralattjárón előfordulható legnagyobb veszélyforrás a tűz, tekintve, hogy minden rendszert veszélyeztet. A hajó burkolatát a tűz által termelt hő úgymond „hőkezei”, és változhat az acél szakítószilárdsága, ami a nyomásállóságát csökkentheti. Sajnos egy tengeralattjárón sok éghető anyag van. A lakrészekben az ágyak és a bútorok gyakran könnyebb fajtákból készülnek, ezzel csökkentve a tömeget, azonban ezzel együtt nő a tűz kialakulásának veszélye is. De a tűz forrása lehet akár egy hibás elektromos rendszer is. A *Typ XXI* dízelmotorjai szintén potenciális veszélyforrások lehetnek, még úgy is, hogy üzemi körülmények között a meghajtási rendszer által használt dízelolaj nyílt lángra képtelen belobbanni. Ugyanakkor, ha egy, a gépház rekeszében keletkezett elektromos tűz eléri az üzemanyagot, a hajó sorsa gyakorlatilag megpecsételődött.

Ezen kilátások mellett nem csoda, hogy egy modern bűvárhajón több módszer is van a tűz azonnali eloltására. Az elektromos, illetve a kisebb tüzeket CO₂ segítségével oltják el, hiszen az áram és a víz egy tengeralattjárón a szokásosnál is veszélyesebb lehet. Ez a módszer azonban kizárólag a hajó jól szellőztethető részein használható, mivel a levegő túl magas szén-dioxid koncentrációja halálos kimenetelű az emberei szervezetre.

Amennyiben a tűz a tengeralattjáró egy nem jól szellőztethető részében történik, az oltást halon 1301 nevű gázzal kell eloltani. Ez a gáz hamarabb eloltja a tüzet, mint a szén-dioxidos oltó, viszont szintén mérgező, ezért egy esetleges tűz után a helyszínt minden esetben el kell szeparálni a hajó többi részétől.

Megkérdeztük Bencétől, mi a teendő, amikor az azonnali hibaelhárítás csődöt mond, ezért a tengeralattjáró elsüllyed. A válasz egyoldalúsága meglepett minket. A hajó elhagyása a cél, a lehető legtöbb ember megmentésével. A modern tengeralattjáróknak van számos biztonságos módja az elsüllyedt és mozgásképtelen hajó elhagyására. A 80 méternél mélyebbre merült hajó esetén a megoldás általában a bűvárharang, amivel a legénységet hiánytalanul meg lehet menteni. Természetesen, ha a mélység túl nagy és a tengeralattjáró a maximális merülési mélysége alá süllyed, általában összeroppan a víznyomás miatt. A hajótest összeroppanása után a legénység általában másodpercekkel később meghal, szintén a víznyomás miatt.

Amennyiben a hajó 80 méteres mélységben, vagy afelett rekedt meg, speciális védőruhák segítségével tud a személyzet a felszínre jutni, mégpedig a torpedóvető csöveken való kiúszás által. Ebben a ruhában elég oxigén van eltárolva ahhoz, hogy viselője fokozatosan, lassan jöjjön a felszínre. Ha ez elmarad, a túlélők keszonbetegségben fognak szenvedni, amennyiben nem kerülnek nyomás alatt lévő keszonkamrába a felszínre jövetel után. Ez a betegség akkor fordul elő, ha az emberi véráramban lévő oldott nitrogén a hirtelen nyomáscsökkenés hatására kiválik a vérből.

Végző soron a tengeralattjárók legénysége nagy valószínűséggel képes túlélni egy esetleges balesetet, még akkor is, ha a hajó mozgásképtelen lesz. Fontos közrejátszó tényező a baleset állaga, a hajó alatti vízmélység, illetve a legénység tapasztalatának a mértéke. Célszerű itt megemlíteni, hogy tengerészek kifogástalan egészségügyi állapota rendkívül fontos, hiszen nagy lelki és fizikai nyomás alatt vannak. Természetesen, az elsődleges cél a súlyos hibák azonnali kijavítása és a hajó stabilizálása, mielőtt a helyzet elfajul. Ez pedig pontosan az, amire a hajózókat olyan nagy körültekintéssel képezik.

Összefoglalás:

Dolgozatunk során megvizsgáltuk a tengeralattjárók fejlődésének történelmét. Kezdve az első, fából készült változatoktól, az I. és II. Világháború vaskoporsóin át egészen napjaink modern tengeralattjáróig. Kitértünk a fontosabb technikai innovációkra, amik lassan de biztosan hatékony fegyverré változtatták ezen rendkívül komplikált járműveket.

Felsoroltuk az elmúlt kétszáz évben bekövetkezett tengeralattjáró balesetek főbb okait és igyekeztünk ezeket megfelelő pontossággal definiálni. Ezen felül példákkal támasztottuk alá a felsorolás minden elemét, alkalmanként kitérve a szerencsétlenségekhez vezető szálakra.

Ezt követően tüzetesebben megvizsgáltunk két katasztrófát, ami a hidegháborúban szembenálló felek hibájából történt. Összegyűjtöttük a baleset feltételezhető okait, valamint az ezekkel kapcsolatos tényeket. Habár a *USS Scorpion* bő harminc évvel a *Kurszk* előtt merült hullámsírba, a katasztrófákhoz vezető egyező út és a silány karbantartás mindkét esetben aktívan közrejátszott a tengerészek halálában.

Végrehajtottunk egy 144 órás korróziós tesztet, amiben három, különböző típusú és tulajdonságú acélon lévő hegesztések reakcióit vizsgáltuk, különböző szintű korrózió(s)t

előidézõ oldatokba áztatva. Megállapítottuk, hogy még a négy százalékos nátrium-klorid tartalmú oldat (ami az Atlanti-óceánt volt hivatott modellezni) is képes viszonylag rövid idő alatt kárt tenni a hegesztések mentén az anyagokban.

Továbbá alkalmunk nyílt meginterjúvolni Balogh Bencét, a német Bundesmarine egy volt katonáját, aki tengeralattjárón szolgált. Kérdeztük õt a tengeralattjárók biztonságosságáról, illetve arról, mi a teendõ egy baleset esetén.

Irodalomjegyzék:

1-átalakítva: Harmat Árpád Péter (2015). A Tengeralattjárók Történelme, Letöltve: <http://tortenelemcikkek.hu/node/332> (2021.10.27)

2: Hubert van Onna (2019). Drebbels Life, Letöltve: <https://sites.google.com/site/ukdrebbel/> (2021.10.15)

3: Mezey Béla (2020). A Projekt 949 osztályú, szovjet SSGN és változatai, 1-5. rész, Letöltve: <https://htka.hu/2020/10/09/a-projekt-949-osztalyu-szovjet-ssgn-es-valtozatai-5-resz/> (2021.11.05)

4: Campbell, John (2002) Weapons of World War Two. Annapolis, Naval Institute Press. 0 87021 459 4

5: Polmar, Norman (2005) Cold War Submarines: The Design and Construction of U.S. and Soviet Submarines, 1945-2001. Washington DC, Potomac Books Inc. 978-1-57488-594-1

6: Silverstone, Paul H. (2016). Civil War Navies, 1855-1883. NewYork NY, Routledge. 0-415-97870-X

7: El Ictíneo ante la ciencia. La Vanguardia, 28 de septiembre de 1890

8: Szentmiklósi Miklós. Hajóelmélet, hajók szerkezete, építése, hajógéptan, Letöltve: <https://tanuljhajotvezetni.ewk.hu/hajoelmelet-es-hajogeptan/> (2021.10.18)

9: Preston, Antony (1998) Submarine Warfare, London. Brown Books. 1-897884-41-9

10: Sebastien Roblin (2020). The Troubled November-class Submarine: Russia's Worst Sub? Letöltve: <https://nationalinterest.org/blog/reboot/troubled-november-class-submarine-russias-worst-sub-168664> (2021.11.03)

11: Dear Kemp, Peter Kemp, (2006) The Oxford Companion to Ships and the Sea (2 ed.) Oxford, Oxford University Press, 9780191727504

12: GlobalSecurity (2021) Project 941 Akula / TYPHOON, Letöltve: <https://www.globalsecurity.org/wmd/world/russia/941.htm> (2021.10.17)

- 13: H. I. Sutton (2020) The REAL Red October - Typhoon SSBN, Letöltve: <http://www.hisutton.com/The%20REAL%20Red%20October%20-%20Typhoon%20SSBN.html> (2021.11.02)
- 14: Terrel Jermaine Starr (2017) IRemember When A U.S. And A Soviet Nuclear Submarine Accidentally Crashed Into Each Other?, Letöltve: <https://jalopnik.com/remember-when-a-us-and-a-soviet-nuclear-submarine-accid-1791625826>, (2021.10.10)
- 15: Jared Leone (2019) German WWI submarine wreck exposed off French coast, Letöltve: <https://www.kiro7.com/news/trending-now/german-wwi-submarine-wreck-exposed-off-french-coast/903523520/> (2021.10.18)
- 16: Nick Knight (2016) Rammed & sunk a U-Boat: Titanics sister ship RMS Olympic took on a U-Boat & won, Letöltve: <https://www.thevintagenews.com/2016/02/02/51089/>, (2021.10.19)
- 17: Josh Farley (2019) New documents show doomed USS Thresher submarine lacked training, preparations, Letöltve: <https://eu.kitsapsun.com/story/news/2021/01/18/uss-thresher-tragedy-new-documents-show-crew-sub-needed-more-training/4173822001/> (2021.10.19)
- 18: Ott István Dániel (2019) Argentín tengeralattjárók az Atlanti-óceánon III. Az argentin tengeralattjáró fegyvernem történetének összefoglalása az ARA SAN JUAN (S 42) utolsó útjáig. Nemzetközi haditechnikai szemle, LIII. évfolyam. 42-46, 2060-1506
- 19: BBC (2018) Argentina submarine: ARA San Juan found, Letöltve: https://www.bbc.com/news/world-latin-america-46245686?fbclid=IwAR3DXRgJNqkZRY-Pm4c2y-TMCGm-MjVPgJCIPQj_tkwz-ZeCzIBQ_SHk6Wo (2021.10.27)
- 20: Naval History and Heritage Command (2020) USS Tang (SS-306), Letöltve: <https://www.history.navy.mil/browse-by-topic/ships/submarines/tang-ss-306.html> (2021.10.28)
- 21: - Sárhidai, Gyula, Szabó, Miklós (2005) Atom-Tengeralattjárók, Budapest, Zrínyi kiadó 1954-2004 ISBN:9632197011
- 22: Павлов, А.С. Подводные Лодки Проекта 671
- 23: Nemes Ferenc (2019) USS Scorpion – Egy hidegháborús rejtély, Letöltve: <https://www.haborumuveszete.hu/minden-ami-uszik/uss-scorpion-egy-hideghaborus-rejtely> (2021.10.22)
- 24: ASTM (2009) Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution

Ábrajegyzék:

- 1.kép: Drebbel féle hajó képe: <https://twitter.com/thamesbaths/status/906144862306742272>
- 2.kép: Bushnell "Turtle" képe: https://www.reddit.com/r/submarines/comments/d3d2oa/illustration_for_bushnellsturtle_also_called/
- 3.kép: Hunley képe: [https://en.wikipedia.org/wiki/H. L. Hunley \(submarine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/H._L._Hunley_(submarine))
- 4.kép: Itic <https://promptguides.com/barcelona/attractions/ictineo.htm>
- 5.kép: G7e <https://www.flickr.com/photos/43603376@N05/47944139438>
- 6.kép: XXI Cold War Submarines. Page. 4.
- 7.kép: - S1W <https://inl.gov/article/nuclear-mythbusting/>
- 8.kép: - P-5 https://m.sohu.com/a/419307982_632518/?pvid=000115_3w_a
- 9.kép: - Typhoon <https://i.imgur.com/x34DtcK.jpg>
- 10.kép: USS James Madison https://iparikatasztrofak.blog.hu/2017/02/28/itt_tort_volna_ki_a_harmadik_vilaghaboru
- 11.kép: USS Tresher [https://hu.wikipedia.org/wiki/USS_Thresher_\(SSN-593\)#/media/F%C3%A1jl:USS_Thresher;0859306.jpg](https://hu.wikipedia.org/wiki/USS_Thresher_(SSN-593)#/media/F%C3%A1jl:USS_Thresher;0859306.jpg)
- 12.kép: K osztály <https://tvd.im/naval-warfare/3598-k-class-uk.html>
- 13.kép: k-159 <https://bellona.org/news/nuclear-issues/2021-10-rosatom-official-puts-deadline-on-raising-old-nuclear-submarines>
- 14.kép: - Kurszk máj 1 <https://cdn.rt.com/files/2015.08/article/55cadec2c361888e6b8b45a3.jpg>
- 15.kép: - Kurszk sérült: [https://www.gp.se/image/policy:1.10897129:1542382498/kursk%5B1%5D.jpg?f=Regular&w=960&\\$p\\$f\\$w=0e006ba](https://www.gp.se/image/policy:1.10897129:1542382498/kursk%5B1%5D.jpg?f=Regular&w=960&pf$w=0e006ba)
- 16.kép: USS Scorpion [https://en.wikipedia.org/wiki/USS_Scorpion_\(SSN-589\)#/media/File:Uss_scorpion_SSN589.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/USS_Scorpion_(SSN-589)#/media/File:Uss_scorpion_SSN589.jpg)
- 17.kép: Tengerek sótartalma: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/78250/a-measure-of-salt>
- 18.kép: Tömegváltozás táblázat. Szerzők által készített.
- 19.kép: Vas-Klorid tömegcsökkenés diagram. Szerzők által készített.
- 20-21-22.kép: oldatok hatása 48 óra elteltével.
- 23-24-25.kép: oldatok hatása 72 óra elteltével.
- 26-27-28.kép: oldatok hatása 144 óra elteltével.

