Tehnologija spašavanja i dizanja brodova i objekata s morskog dna

Karamarko, Damjan

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:908645

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET

Damjan Karamarko

TEHNOLOGIJA SPAŠAVANJA I DIZANJA BRODOVA I OBJEKATA S MORSKOG DNA

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET

STUDIJ: BRODOSTROJARSTVO

TEHNOLOGIJA SPAŠAVANJA I DIZANJA BRODOVA I OBJEKATA S MORSKOG DNA

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:
mag. ing. Srđan Dvornik

STUDENT:
Damjan Karamarko

SPLIT, 2020.

Sažetak

Sve veći porast međunarodne razmjene dobara na svjetskoj razini doveo je do naglog razvoja pomorskog prometa kao najjeftinijeg oblika prijevoza. Veći broj brodova i objekata u eksploataciji znači i veće mogućnosti za izazivanje havarija koje mogu završiti njihovim potonućem. Spašavanje podrtina odnosno uklanjanje, dizanje ili vađenje podrtina ima jednako značenje, a to je podrtinu ukloniti s morskog dna.

Predmet ovog diplomskog rada je prikazati i objasniti sve radnje koje je potrebno primijeniti i provesti radi što učinkovitijeg spašavanja i dizanja brodova i objekata s morskog dna. Kako bi se izbjegle nesuglasice između nacionalnih propisa pojedinih država donesene su, od strane Međunarodne Pomorske Organizacije, međunarodne konvencije koje se moraju obvezatno primjenjivati za podrtine svih zemalja uključenih u pomorsku djelatnost. Prvenstvena svrha ovog rada je objasniti različite tehnologije koje se koriste za lociranje, vađenje i tegljenje potonulih brodova i objekata koji se zovu *podrtina*.

Ključne riječi: *spašavanje, podrtina, konvencija, dizanje brodova*

Abstract

A growing increase in international world exchange of goods has led to the rapid development of maritime transport as the cheapest form of transport. The larger number of ships and objects in exploitation means greater opportunities for the cause of the disaster that can end with their sinking. Salvage shipwrecks or removal, lifting or extraction shipwrecks has the same meaning, which is the shipwreck removed from the seabed.

The subject of this graduate thesis is to show about explaining all the actions that need to be applied and implemented to make the most efficient salvage and lifting of ships and objects from the seabed. In order to avoid disagreements between national regulations of individual countries, international conventions have been adopted by the International Maritime Organization, which must be applied to the shipwrecks of all countries involved in maritime activities. The primary purpose of this work is to explain the different technologies used for locating, extracting and hauling sunken ships and objects called shipwrecks.

Key words: *salvage, shipwreck, convention, lifting of ships*

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. OPĆENITO O PODRTINAMA 3

3. ZAKONSKA REGULATIVA ZA SPAŠAVANJE I UKLANJANJE PODRTINA 5

3.1. NAIROBI KONVENCIJA O UKLANJANJU PODRTINA IZ 2007. GODINE 5

3.2. KONVENCIJA O SPAŠAVANJU IZ 1989. GODINE 6

3.3. KONVENCIJA O OGRANIČENJU ODGOVORNOSTI ZA POMORSKE TRAŽBINE IZ 1976. GODINE 7

3.4. POMORSKI ZAKONIK REPUBLIKE HRVATSKE 8

3.4.1. Ovlaštena osoba 10

3.4.2. Lučka kapetanija 10

3.4.3. Spašavatelj, pošteni nalaznik i izvođač radova 11

4. LOCIRANJE PODRTINA 12

4.1. RONIOCI 12

4.2. ROBOTI 13

4.2.1 Ronilica s daljinskim upravljanjem 13

4.2.2. Autonomna podvodna ronilica 14

4.3. DETEKTORI METALA 15

4.4. SONAR 16

5. PRIPREMNI RADOVI PRIJE VAĐENJA PODRTINA 18

5.1. OZNAČAVANJE TUNELA ISPOD PODRTINA 19

5.2. ISPIRANJE MORSKOG TLA ISPOD PODRTINA 20

5.3. ISPRAVLJANJE PODRTINA KOJE LEŽE NA MORSKOM DNU 21

5.4. MJERE SIGURNOSTI PRI SPAŠAVANJU PODRTINA 22

6. METODA SPAŠAVANJA PODRTINA VRAĆANJEM PLOVNOSTI 24

6.1. SPAŠAVANJE PODRTINA UZ POMOĆ PLIME 25

6.2. IZBACIVANJE VODE CRPKAMA 27

6.3. IZBACIVANJA VODE UPUHIVANJEM KOMPRIMIRANOG ZRAKA 28

6.4. KOMBINACIJA IZBACIVANJA VODE CRPKAMA I UPUHIVANJEM KOMPRIMIRANOG ZRAKA 30

6.5. IZBACIVANJE VODE UPORABOM POSEBNIH PLUTAJUĆIH MATERIJALA POSTAVLJENIH UNUTAR TRUPA 31

6.5.1. Primjena pjene 32

6.5.2. Sustavi ubrizgavanja komprimiranih granula 32

6.5.3. Karl Kroyer-ov sustav 32

7. METODA SPAŠAVANJA PODRTINA MEHANIČKIM SREDSTVIMA 33

7.1. PLOVNA DIZALICA 34

7.2. DIZALICA POLUURONJIVOG TIPA 36

7.3. SPASILAČKI BRODOVI 37

8. METODA SPAŠAVANJA PODRTINA KOMBINACIJOM MEHANIČKIH SREDSTAVA I VRAĆANJA PLOVNOSTI 39

9. METODA UNIŠTAVANJA PODRTINA RAZBIJANJEM 41

9.1. RAZBIJANJE RUČNIM REZANJEM 41

9.1.1. Rezanje šupljom elektrodom 43

9.1.2. Egzotermno rezanje 43

9.2. MEHANIČKO RAZBIJANJE 43

9.2.1. Rezanje lancima 44

9.2.2. Razbijanje i vađenje grabilicom 45

9.2.3. Razbijanje probijačem 46

9.3. RAZBIJANJE EKSPLOZIVOM 47

10. METODA UNIŠTAVANJA PODRTINA ZAKOPAVANJEM 48

11. OPREMA ZA SPAŠAVANJE PODRTINA 50

11.1. PNEUMATSKE VREĆE 50

11.2. PONTONI ZA SPAŠAVANJE 52

12. TEGLJENJE PODRTINA 56

13. ZAKLJUČAK 58

LITERATURA 59

POPIS ILUSTRACIJA 62

POPIS TABLICA 63

POPIS KRATICA 64

1. UVOD

Kao posljedica sudara, teških vremenskih uvjeta ili eksplozije na brodu, oštećenje broda može biti toliko ozbiljno da će potonuti s cjelokupnim svojim teretom ili samo s dijelom tereta na njemu. U nekim slučajevima brod će ostati neoštećen na morskom dnu sa svim svojim teretom koji je u tankovima ili u skladištu. Da potopljeni brod ne bi postao olupina, odnosno u hrvatskom rječniku *podrtina*, izvodi se proces spašavanja, ako je to moguće.

Ovaj proces može započeti prvenstveno s ciljem spašavanja, a onda se transformirati u uklanjanje podrtine.

Primarna svrha spašavanja je zaštititi imovinu, dok uklanjanje podrtine ima za cilj spriječiti ili umanjiti opasnost koju podrtina predstavlja za sigurnost plovidbe, morski okoliš i interese obalne države. Spašavanje podrtine podrazumijeva očuvanje imovine u opasnosti, tj. to je privatni ekonomski interes.

Uklanjanje podrtine je od javnog interesa i poduzima se radi sprječavanja, smanjivanja ili otklanjanja mogućih opasnosti za okoliš, za sigurnost plovidbe i za interese obalne države. Kad se utvrdi da je podrtina opasna obvezno je njeno uklanjanje podrtine bez obzira na to ima li ona komercijalnu vrijednost.

Cilj ovog diplomskog rada je provjeriti i obraditi postupke koje je potrebno poduzeti prije, tijekom i nakon spašavanja i uklanjanja podrtina, te opisati sredstva i opremu koja se pri tome koristi.

Svrha rada je istaknuti i objasniti najučinkovitije metode spašavanja i uklanjanja podrtina, te ukazati na njihovu moguću primjenu obzirom na svaku pojedinačnu konkretnu situaciju, radi pravovremene prevencije svakog mogućeg oblika opasnosti bilo za sigurnost plovidbe, za morski okoliš ili obalu i za interese obalne države.

U izradi rada korištene su znanstvene metode:

- analize,
- sinteze,
- kompilacije,
- deskripcije.

Metoda analize odnosi se na raščlanjivanje metoda spašavanja i uklanjanja podrtina na pet osnovnih poglavlja i detaljnu razradu svake metode.

Metoda sinteze predstavlja postupak znanstvenog istraživanja putem spajanja dijelova ili pojedinačnih elemenata u jednu cjelinu.

Metoda deskripcije temelji se na opisivanju opreme koja se koristi za lociranje, spašavanje i uklanjanje podrtina.

Metodom kompilacije obrađeni su u jednu cjelinu najzanimljiviji i najkorisniji podaci raznih autora.

Diplomski rad se sastoji od trinaest poglavlja.

U uvodnom dijelu daje se kratko obrazloženje teme diplomskog rada.

U drugom poglavlju pojašnjava se pojam podrtine, kao i uzroci njenog nastanka.

U trećem poglavlju obrađuju se dijelovi iz međunarodne i nacionalne zakonske regulative koji se odnose na spašavanje i uklanjanje podrtine (*Međunarodne konvencije, Pomorski zakonik RH*). Povećana pažnja daje se pojašnjenju uloge svih osoba koje sudjeluju u postupku spašavanja i uklanjanja podrtine.

U četvrtom i petom poglavlju obrađuje se proces i radnje prije samog početka spašavanja i uklanjanja podrtine. Opisani su načini lociranja podrtine, oprema koja se pri tome koristi i pripremni radovi koje je važno izvršiti kako bi operacija spašavanja i uklanjanja podrtine bila što uspješnije izvedena.

Posebna pozornost daje se šestom, sedmom, osmom, devetom i desetom poglavlju koji su i najvažniji dijelovi ovoga rada. Detaljno se opisuju glavne metode koje se upotrebljavaju u operacijama spašavanja i uklanjanja podrtina. Za svaku metodu prikazuju se različiti načini postupanja ovisno o primjeni najučinkovitijih sredstava i raspoložive opreme.

U jedanaestom poglavlju opisuju se dvije vrste opreme koje se najviše koriste kod spašavanja podrtina, a daje se i objašnjenje postupka montiranja opreme na podrtinu.

U dvanaestom poglavlju opisuje se proces tegljenja podrtina, nakon što se uspješno izvrši njihovo spašavanja i uklanjanje s jednom od opisanih metoda.

U trinaestom poglavlju izvodi se zaključak koji proizlazi obzirom na utvrđene činjenice i dobivena saznanja iz ovoga rada.

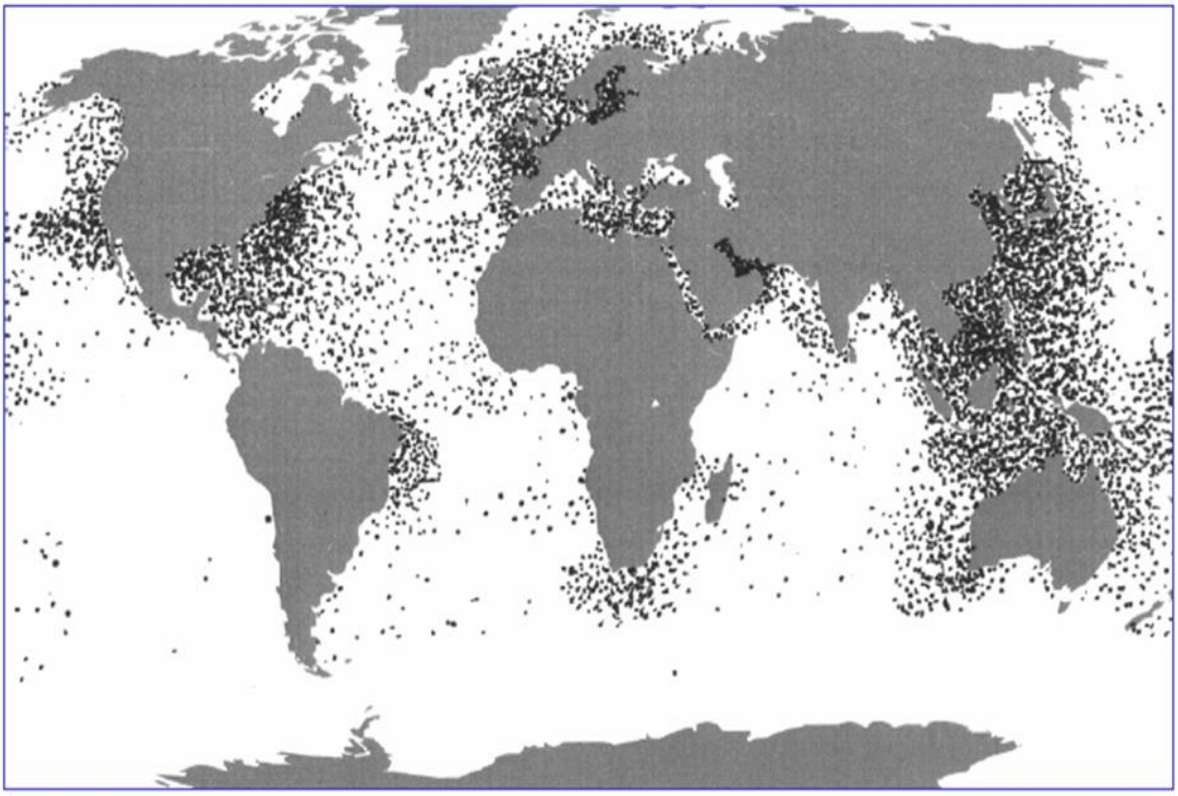
2. OPĆENITO O PODRTINAMA

Podrtina nastaje kao posljedica pomorske havarije, a prema međunarodnim konvencijama i Pomorskom zakoniku *RH* uključuje [8]:

- potonuli ili nasukani plovni ili plutajući objekt,
- bilo koji dio potonulog ili nasukanog plovnog ili plutajućeg objekta, uključujući svaki predmet koji se nalazi ili se nalazio na tom objektu,
- svaki predmet koji je nestao u moru s plovnog ili plutajućeg objekta i koji je nasukan, potonuo ili ostavljen da pluta,
- plovni ili plutajući objekt koji će uskoro potonuti ili se nasukati, ili se to opravdano može očekivati, ako još nisu poduzete učinkovite mjere radi pomoći tom objektu ili drugoj ugroženoj imovini,
- plovni i plutajući objekti dok su u gradnji.

Pojam podrtina se ne odnosi na plutajuće platforme koje su u vrijeme pomorske havarije postavljene za istraživanje ili eksploataciju podmorja.

Oštećeni dijelovi podmorskih kabela i cjevovoda, ili nekih drugih predmeta ili objekata koji ne potječu s broda također se ne vode kao podrtina, slika 1.



Slika 1. Prikaz podrtina u svijetu [7]

U prošlosti, kada se plovidba odvijala uglavnom uz priobalje i kada su brodovi bili lošije konstrukcije, brodovi su često tonuli i propadali na mjestima gdje je bilo olakšano njihovo spašavanje ili vađenje. Potonuli objekti, kao što su brodovi i druge stvari, predstavljaju grupu smetnji koje ugrožavaju plovidbu i predstavljaju potencijalnu opasnost za prirodnu sredinu. Uzroci nastanka podrtine su:

- nasukavanje broda,
- sudar brodova,
- nevrijeme,
- oštećenje zbog neprijateljskog djelovanja,
- kvar pogona,
- kvar kormila i kormilarskog uređaja,
- greške i način smještaja u slaganju tereta,
- požar.

Usvajanjem Međunarodne konvencije o uklanjanju podrtina (engl. *Nairobi International Convention on the Removal of Wrecks - WRC*) pojam podrtine je po prvi puta unificiran u međunarodnom pomorskom pravu [9].
Utvrđivanje postojanja i veličina opasnosti od podrtine ovisi o:

- veličini podrtine,
- dubini vode na mjestu nesreće,
- osjetljivosti morskog područja,
- blizini pomorskih plovnih putova.

Budući da podrtina i poslije dužeg vremena ne mijenja svoje stanje i položaj, uglavnom se ima dovoljno vremena za donošenje odluke o izboru najefikasnijeg načina spašavanja koji se određuje obzirom na prirodu kvara i posljedice koje su time prouzrokovane. Za njihovo uklanjanje koriste se metode kao [3]:

- metoda spašavanja podrtina vraćanjem plovnosti,
- metoda spašavanja podrtina mehaničkim sredstvima,
- metoda spašavanja podrtina kombinacijom mehaničkih sredstava i vraćanja plovnosti,
- metoda uništavanja podrtina razbijanjem,
- metoda uništavanje podrtina zakopavanjem.

3. ZAKONSKA REGULATIVA ZA SPAŠAVANJE I UKLANJANJE PODRTINA

Da bi se u što većoj mjeri definirala i odredila prava i obveze svih sudionika u procesu spašavanja i uklanjanja brodova i objekata s morskog dna, *podrtina*, Međunarodna pomorska organizacija, (engl. *Inernational Maritime Organization - IMO*), donijela je nekoliko međunarodnih propisa, konvencija [5]:

- Međunarodnu konvenciju o uklanjanju podrtina iz 2007. god., (engl. *Nairobi Convention on the Removal of Wrecks 2007*),
- Međunarodnu konvenciju o spašavanju iz 1989. god., (engl. *International Salvage Convention 1989*),
- Konvenciju o ograničenju odgovornosti iz 1976. god., (engl. *Limitation of Liability Convention 1976*).

Osim navedenih međunarodnih konvencija na području Republike Hrvatske primjenjuju se i odredbe iz Pomorskog zakonika, (*NN 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19*), koje se odnose na vađenje i obavezno uklanjanje podrtina.

3.1. NAIROBI KONVENCIJA O UKLANJANJU PODRTINA IZ 2007. GODINE

Međunarodna Nairobi konvencija o uklanjanju podrtina prihvaćena je 18.05.2007. godine u Nairobiju u Keniji, a stupila je na snagu 14.06.2015. godine, kada ju je ratificiralo 10 država. Do 2020. godine ratificiralo ju je 41 država. Konvencija daje pravnu osnovu obalnim državama da s područja svog utvrđenog obalnog pojasa na koji imaju suverena prava uklone podrtine koje predstavljaju opasnost za sigurnost plovidbe. Propisuje financijsku odgovornost brodovlasnika i zahtijeva od njih da daju osiguranje ili pruže drugu financijsku garanciju za pokrivanje troškova uklanjanja podrtina. Također državama pruža pravo izravne tužbe protiv osiguravatelja. Članci u Konvenciji obuhvaćaju [5,9]:

- izvještavanje i lociranje podrtina kao i prijavljivanje nesreće najbližoj obalnoj državi, upozorenja pomorcima i obalnim državama o podrtini i djelovanje obalne države u svezi s podrtinom,
- kriterije za određivanje opasnosti od podrtina, dubinu vode iznad podrtine, blizinu pomorskih ruta, gustoću i učestalost prometa. Uključeni su ekološki kriteriji, kao što je šteta koja bi mogla nastati zbog ispuštanja tereta ili nafte u morski okoliš,

- mjere za olakšavanje uklanjanja podrtina, uključujući prava i obveze uklanjanja opasnih brodova i podrtina. Određuju kada je brodovlasnik odgovoran za uklanjanje podrtina i kada država može intervenirati,
- odgovornost vlasnika za troškove lociranja, obilježavanja i uklanjanja podrtina. Registrirani brodovlasnik dužan je održavati obvezno osiguranje, ili drugo financijsko jamstvo za pokriće odgovornosti prema konvenciji
- rješavanje sporova.

Konvencija se primjenjuje na isključivo gospodarski pojas obalne države koji je definiran u skladu s međunarodnim pravom. Ako država ugovarateljica ove konvencije nema gospodarski pojas, onda se područje njene primjene odnosi na područje odmah uz teritorijalno more države, a koje je određeno u skladu s međunarodnim pravom i koje se proteže do 200 nautičkih milja od polazne crte od koje se mjeri širina državnog teritorijalnog mora.

3.2. KONVENCIJA O SPAŠAVANJU IZ 1989. GODINE

Po Međunarodnoj konvenciji o spašavanju koja je usvojena 1989. godine pod operacijom spašavanja podrazumijeva se svaka radnja koja je poduzeta kako bi se pomoglo brodu ili bilo kojoj drugoj imovini koja je u opasnosti u plovnim vodama ili u ma kojim drugim vodama. Ova se konvencija primjenjuje kod sudskog ili arbitražnog postupka koji se vodi u državi stranki. Konvencija nema utjecaja na zakone nacionalnog prava ili na međunarodne konvencije koje se odnose na operacije spašavanja koje se obavljaju, ili su pod nadzorom, državne vlasti. Spašavatelji koji obavljaju operacije spašavanja ovlašteni su koristiti se pravima i pravnim sredstvima ove konvenciji. Mjere do koje je državna vlast dužna obavljati operacije spašavanja, koristiti se pravima i pravnim sredstvima ove konvenciji a određuju se zakonima svake pojedine države. Operacija spašavanja uključuje [10]:

- brod,
- svaku drugu imovinu koja nije trajno i namjerno učvršćena uz obalu, uključujući vozarinu izloženu riziku.

Spašavatelj je dužan prema vlasniku broda ili druge imovine u opasnosti:

- izvršavati operacije spašavanja s pažnjom,
- voditi brigu radi sprječavanja ili smanjenja štete okolišu prilikom obavljanja operacije spašavanja,
- tražiti pomoć od drugih spašavatelja, uvijek kad to okolnosti razumno zahtijevaju,

- prihvatiti intervenciju drugih spašavatelja, uz uvjet da visina njihove nagrade ne bude prejudicirana ako se naknadno takav zahtjev pokaže kao nerazuman.

Vlasnik i zapovjednik broda, ili vlasnik druge imovine u opasnosti dužan je prema spašavatelju:

- u potpunosti surađivati tijekom operacije spašavanja,
- voditi brigu radi sprječavanja ili smanjenja štete okolišu,
- prihvatiti predaju broda ili druge imovine u opasnosti nakon što su dovedeni na sigurno mjesto i kada to spašavatelj razumno zatraži.

Kako bi se potaklo na spašavanje konvencija je uvela nagradu za spašavanje, a koja se utvrđuje prema sljedećim kriterijima [5,10]:

- vrijednosti spašenog broda i druge imovine,
- vještini i naporu spašavatelja u sprječavanju ili umanjenju štete u oko1išu,
- opsegu postignutoga uspjeha spašavatelja,
- prirodi i stupnju opasnosti,
- vještini i naporu spašavatelja u spašavanju broda, druge imovine i života,
- utrošenom vremenu, troškovima i gubicima spašavatelja.

Spašavatelji najčešće ugovore o spašavanju sklapaju po standardnim ugovornim obrascima kao što su: Baltičko i međunarodno pomorsko vijeće (engl. *The Baltic International Maritime Council - BIMCO*) i Međunarodna udruga profesionalnih spašavatelja (engl. *International Salvage Union - ISU*), obrasci Wreckhire 1999. (*dnevni najam spašavateljevog ljudstva i opreme*), Wreckstage 1999. (*ugovor na ukupnu fiksnu cijenu koja se plaća u fazama vezanim za tijek operacija*), Wreckfixed 1999 (*ugovor na fiksnu cijenu*) [5].

3.3. KONVENCIJA O OGRANIČENJU ODGOVORNOSTI ZA POMORSKE TRAŽBINE IZ 1976. GODINE.

Međunarodna konvencija o ograničenju odgovornosti za pomorske tražbine iz 1976. godine zamijenila je Međunarodnu konvenciju o ograničavanju odgovornosti vlasnika morskih brodova (*potpisana je u Bruxellesu 1957. godine i stupila na snagu 1968. godine*). Ograničenja odgovornosti za pomorske tražbine određena su za ove vrste zahtjeva [11]:

- zahtjevi za gubitkom života ili osobne ozljede,
- imovinski zahtjevi.

Iznosi odšteta koji se plaćaju u slučaju incidenta znatno su povećani, a uveden je i postupak koji se naziva *šutljivo prihvaćanje* za ažuriranje tih iznosa.

Ova Konvencija definirala je sljedeće pojmove:

- vlasnik broda je vlasnik odnosno naručitelj samog broda, brodar i poslovođa pomorskog broda,
- spašavatelj je svaka osoba koja pruža usluge u neposrednoj vezi s radnjama spašavanja,
- odgovornost vlasnika broda je odgovornost koja proizlazi iz tužbe pokrenute protiv samog broda.

U pojam brodovlasnika ne spadaju samostalne osobe za koje brodovlasnik ne odgovara. Prema ovoj konvenciji pravo na ograničenje odgovornosti za pomorske tražbine izvorno pripada vlasniku broda, ali se ujedno širi i krug osoba koje imaju pravo ograničiti svoju odgovornost. Vrste ograničenja su:

- Sustav općeg globalnog ograničenja odgovornosti brodara koji obuhvaća:
  - opću gornju granicu odgovornosti brodara, odnosno brodovlasnika, neovisno o osnovi nastanka tražbine (*ugovorna, izvan ugovorna*),
  - maksimalni iznos koji obuhvaća sve partikularne odštetne zahtjeve, a izračun kojeg se obično vrši po veličini broda;
- Sustav ograničenja ugovorne odgovornosti brodara koji obuhvaća:
  - teret,
  - putnike,
  - prtljagu.

Krug osoba koje imaju pravo na opće ograničenje odgovornosti su:

- brodovlasnik,
- naručitelj,
- brodar,
- upravitelj,
- spašavatelj,
- osiguratelj odgovornosti prema trećim osobama.

Republika Hrvatska je pristupila ovoj konvenciji 27. 11. 1992. godine.

3.4. POMORSKI ZAKONIK REPUBLIKE HRVATSKE

Pomorskim zakonikom, (*NN 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19*), utvrđuju se morski i podmorski prostori Republike Hrvatske, uređuju pravni odnosi u njima, sigurnost plovidbe u njenim unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru, zaštita i očuvanje

prirodnih morskih bogatstava i morskog okoliša, te osnovni materijalno-pravni, ugovorni i drugi obvezni odnosi u pogledu plovnih objekata [8].

Pomorski zakonik najvećim dijelom preuzima rješenja iz Međunarodne Nairobi konvencije.

Međutim, obvezno uklanjanje proširuje se na sve podrtine i sve vrste potonulih i nasukanih stvari koje predstavljaju opasnost za okoliš i za sigurnost na moru.

Vađenje i uklanjanje podrtina je dio pomorskog prava u kojem se uređuju odnosi između vlasnika podrtine i obalne države na području koje se nalazi podrtina.

Odredbe Pomorskog zakonika *RH*, koje se odnose na vađenje i uklanjanje podrtina podijeljene su na:

- opće odredbe,
- odredbe o vađenju podrtina i potonulih stvari,
- odredbe o obveznom uklanjanju podrtina i potonulih stvar.

U općim odredbama definirani su pojmovi:

- podrtina,
- potonula stvar,
- pomorska nesreća,
- opasnost,
- povezani interesi,
- uklanjanje i vađenje podrtina,
- ovlaštena osoba,
- izvođač.

U Pomorskom zakoniku razlikuju se dobrovoljno vađenje i uklanjanje podrtina i potonulih stvari kod kojih ne postoji opasnost za okoliš i za sigurnost na moru, te obavezno vađenje i uklanjanje podrtina kod kojih postoji opasnost za okoliš i za sigurnost na moru. Obavezno uklanjanje podrtina je svaki oblik sprječavanja, smanjenja ili otklanjanja mogućih opasnosti prouzročenih od strane same podrtine. Poduzima se kad se procijeni da će podrtina značajno ugroziti ili ometati sigurnost plovidbe ili će prouzročiti velike štete za morski okoliš ili obalu. Vađenje podrazumijeva dizanje podrtine na površinu koje su nastale nakon nedavne pomorske nesreće ili kad se utvrdi postojanje neke podrtine iz prošlosti. Sudionici koji sudjeluju u procesu vađenja i uklanjanja podrtina su [8]:

- ovlaštena osoba,
- lučka kapetanija,
- spašavatelj, pošteni nalaznik i izvođač radova.

3.4.1. Ovlaštena osoba

Ovlaštena osoba je vlasnik podrtine, odnosno umjesto ovlaštene osobe može se imenovati bilo koja druga fizička ili pravna osoba kao poslovođa ili zakupoprimatelj koja od vlasnika preuzima odgovornost i sve obveze za upravljanje podrtinom. Vađenje može poduzeti samo ovlaštena osoba. Pomorskim zakonikom predviđena je obveza vlasnika podrtine da izvrši njeno uklanjanje, odnosno propisana je njegova objektivna odgovornost prema trećim osobama koja je nastala zbog toga što vlasnik nije izvršio tu svoju obvezu. Vlasnik podrtine odgovara za troškove lociranja, označavanja i uklanjanja podrtine. Ovlaštena osoba može se osloboditi odgovornosti uklanjanja podrtine samo ako dokaže postojanje nekog od sljedećih razloga:

- nesreća iz koje je nastala podrtina je posljedica rata, neizbježne i nesavladive prirodne sile,
- nesreća je prouzročena radnjom ili propustom treće osobe u namjeri da se prouzroči šteta,
- nesreća je prouzročena nemarom ili drugom štetnom radnjom nadležnog državnog tijela.

Propisana je dužnost zapovjednika pomorskog objekta i ovlaštene osobe da bez odgađanja obavijeste lučku kapetaniju o sudjelovanju pomorskog objekta u pomorskoj nesreći zbog kojeg je nastala podrtina.

3.4.2. Lučka kapetanija

Nadležna lučka kapetanija je predstavnik državne vlasti. Odobrava posebnim rješenjem vađenje podrtine ovlaštenoj osobe, pazeći da su pri tome ispunjeni svi propisani zakonski uvjeti. U nekim slučajevima, kad podrtina ima vojnu važnost ili svojstvo kulturnog dobra može se dogoditi da lučka kapetanija prije izdavanja odobrenja zatraži i prethodnu suglasnost i od nadležnog ministarstva. Lučka kapetanija najprije locira točan položaj podrtine, zatim vrši njeno označavanje u skladu s međunarodno prihvaćenim propisima i standardima, te rješenjem nalaže ovlaštenoj osobi da ukloni podrtinu u razumno zadanom roku. Ukoliko se izvodi vađenje podrtine bez odobrenja nadležne lučke kapetanije ili suprotno donesenom rješenju kojim se odobrava vađenje podrtine, za svu moguću prouzročenu štetu koja nastane odgovara ovlaštena osoba. Ako ovlaštena osoba ne ukloni podrtinu, lučka kapetanija uklanja podrtinu na najefikasniji i najbrži mogući način vodeći računa o sigurnosti i zaštiti morskog okoliša. Nadležna lučka kapetanija ima pravo nadzirati operacije spašavanja, pratiti i poduzeti postupke i mjere spašavatelja glede njihova utjecaja na sigurnost plovidbe, na iskorištavanje prirodnih

bogatstava mora i na zaštitu okoliša, te odrediti uvjete i rokove za izvođenje akcije spašavanja. Ako je ovlaštena osoba nepoznata, ili ako ne želi izvesti vađenje, ili ako vađenje prekine, odnosno napusti, vađenje mogu poduzeti lučka kapetanija i pošteni nalaznik.

3.4.3. Spašavatelj, pošteni nalaznik i izvođač radova

Spašavatelj je ovlaštena osoba koja pruža usluge spašavanja ili pružanja pomoći. Spašavatelj je dužan prema brodaru ili vlasniku podrtine obaviti akciju spašavanja s pažnjom vodeći pri tome računa o sprječavanju ili smanjenju onečišćenja morskog okoliša. Akcije spašavanja koje su imale koristan ishod spašavatelju daju pravo na nagradu koja se utvrđuje na temelju vrijednosti podrtine i njezinog tereta, a uzimajući u obzir opasnost i složenost operacije. Izvođači spašavanja najčešće su trgovačka društva specijalizirana za poslove spašavanja i slične intervencije i radove na moru.. Spašavatelj najveću pozornost moraju obratiti na prevenciju i kontrolu onečišćenja okoliša, stoga moraju postupati po zahtjevima nadležnih Agencija za kontrolu zagađenja.

Pošteni nalaznik je osoba koja je pronašla podrtinu koja je napuštena ili izgubljena ili joj je nepoznat vlasnik ili koju ovlaštena osoba ne namjerava vaditi, a pronalazak je prijavila i poduzela je vađenje postupajući sukladno odredbama Zakonika. U tom slučaju pošteni nalaznik osobno odgovara za izvađenu stvar, odnosno podrtinu. Pošteni nalaznik je i tijelo koje upravlja pomorskim dobrom na čijem području se nalazi podrtina. Kada vađenje poduzima pošteni nalaznik mora izvađenu podrtinu čuvati za njezinog vlasnika i poduzeti sve mjere radi očuvanja. Pošteni nalaznik koji započne vađenje podrtine na temelju odobrenja lučke kapetanije ne smije bez opravdanog razloga prekinuti ili napustiti radove, ako bi njihovo prekidanje ili napuštanje moglo prouzročiti štetu.

Izvođač radova je osoba koja izvodi proces uklanjanja ili vađenja podrtine i tada ima svojstvo spašavatelja. Vlasnik može sklopiti ugovor s izvođačem radova da u njegovo ime ukloni podrtinu za koju je utvrđeno da predstavlja opasnost. Izvođač radova, ako nije drukčije ugovoreno, ima pravo izvađenu podrtinu zadržati dok mu odgovorna osoba ne podmiri troškove, osim u slučajevima kad se za podrtinu utvrdi da ima obilježje kulturnog dobra ili je od vojnog značaja. Izvođač radova koji obavlja uklanjanje po nalogu nadležne lučke kapetanije odgovara za štetu koja prouzroči svojim radom ako se ne dokaže da se šteta nije mogla izbjeći niti uz dužnu pažnju.

4. LOCIRANJE PODRTINA

Podrtine se mogu locirati [3,4]:

- roniocima,
- robotima,
- detektorima metala,
- sonarima.

4.1. RONIOCI

Lociranje s roniocima je najjednostavniji i najjeftiniji način traženje podrtina slika 2.



Slika 2. Ronioci istražuju podrtinu [17]

Veće morske površine se pretražuju s roniocima koji su praćeni s brodovima za spašavanje. Brodovi obično plove planski, već unaprijed dogovoreno rutom jer se time olakšava pretraživanje čitavog područja. Ronioci osim lociranja podrtine vrše i podvodne radove.

Standardna oprema ronilaca je:

- ronilačko morsko ili suho odijelo, maska i peraje,
- regulatori,
- ronilački spremnici zraka (*boce*),
- mjerni aparat za dubinu i tlak,
- ronilački nož,
- kaciga,
- svjetla,
- propulzijska vozila.

4.2. ROBOTI

Za lociranje podrtina koristi se ova robotska oprema [1,4]:

- ronilica s daljinskim upravljanjem, (engl. *Remotely Operated Vehicle - ROV*),
- autonomna podvodna ronilica (engl. *Autonomus Underwater Vehicle - AUV*).

4.2.1 Ronilica s daljinskim upravljanjem

ROV-ovi su uređaji kojima upravlja posada sa spasilačkog broda ili kopna. Koriste se u podmorskim radovima kao što su vađenje, zakopavanje i traženje podrtina, slika 3.



Slika 3. Comanche ROV [18]

Preko elektro kabela *ROV* je priključen na napajanje sa spasilačkog broda, a radi potrebe propulzora, alata kojeg ronilica koristi i preko kojeg prima naredbe od strane korisnika.
Princip rada je da električna energija pokreće elektromotor koji pokreće hidrauličnu crpku. Crpka se koristi za pogon i za napajanje opreme, kao što su ruke manipulatora. Većina *ROV*-ova opremljena je videokamerom i svjetlima kako bi se poboljšala percepcija korisnika o podvodnom scenariju. Dodatna oprema se obično ugrađuje kako bi se proširile mogućnosti vozila, a to mogu biti [1]:

- sonari,
- magnetometri,
- nepokretne kamere,
- manipulatori ili ruka za rezanje,
- instrumenti koji mjere;
    - čistoću vode,
    - temperaturu vode,
    - gustoću vode,
    - prodor svjetlosti.

Zbog rada u ekstremnim uvjetima, poput velikog tlaka pri velikim dubinama, ronilice su napravljene od izdržljivih materijala polimera poput polietilena, a ne od uobičajenih nehrđajućih čelika ili legura aluminija. Najveća radna dubina iznosi do 2000 m.

4.2.2. Autonomna podvodna ronilica

Autonomne podvodne ronilice nemaju elektro kabel između same ronilice i spasilačkog broda. Rade potpuno autonomno, tj. bez upravljanja od strane čovjeka, slika 4.
Zbog svoje autonomnosti ovakva vrsta podvodnog robota ima vlastiti izvor energije i umjetnu inteligenciju. *AUV*-e ronilice manje se koriste pri velikim dubinama, a mogu pokrivati velika područja u jednom uronu. Nemaju snažno i izdržljivo kućište, niti precizne mjerne uređaje, ali zato imaju veću [6,19]:

- izdržljivost baterije,
- količinu memorijskog prostora,
- brzinu obrade prikupljenih podataka.

AUV ronilice samostalno rade po par dana, neke čak i tjednima ili mjesecima i tako prikupljaju više informacija. Male *AUV*-e ronilice su dužine od 1.5 do 3 m i imaju masu do 200 kg, dok veće *AUV*-e ronilice imaju dužinu od 4 do 7 m i masu preko 200 kg.



Slika 4. Autonomna podvodna ronilica A9-M [11]

4.3. DETEKTORI METALA

Brod s uređajem detektor metala se prvi koristi prilikom lociranja podrtine. Imaju područje otkrivanja širine 24 m i dubine 16 m, a koriste se za lociranje predmeta od željeza, čelika, zlata, srebra, bronce. To ih čini idealnim za traženje podrtina [2].

Magnetometri su najmoćniji detektori metala. Rade na principu uspoređivanja intenziteta i smjera jednog magnetskog polja prema drugom [12,20]. Imaju veliku primjenu u lociranju podrtina i pokrivaju velike površine morskog dna u kratkom vremenu, slika 5.

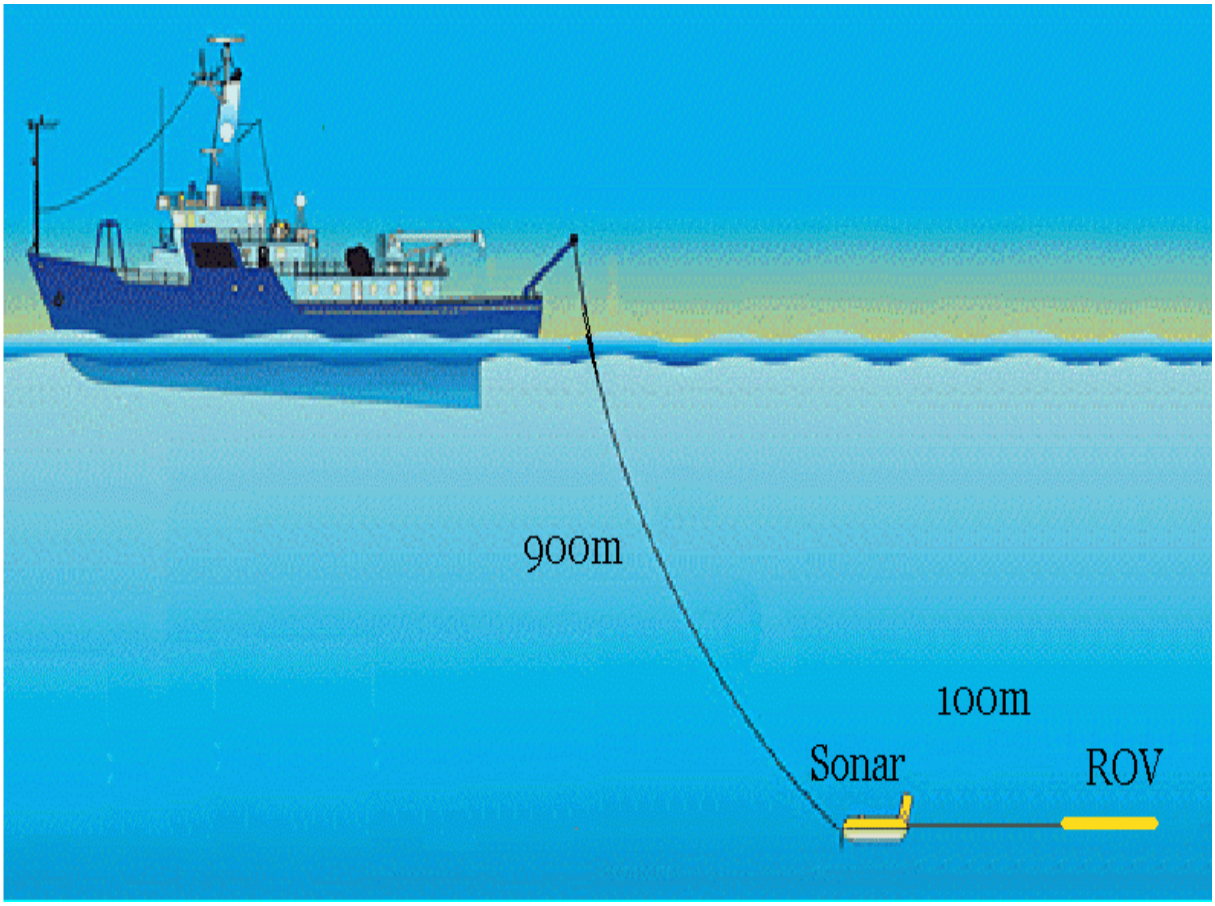


Slika 5. Podvodni magnetometar JW Fisher proton 4 [20]

4.4. SONAR

Podvodni električni lokator (engl. *Sound Navigation And Ranging - SONAR*) je elektroakustični uređaj za traženje, otkrivanje i određivanje daljine, dubine i smjera, te za identifikaciju podvodnih pokretnih i nepokretnih objekata. Radi na principu prostiranja ultrazvučnih valova kroz vodu. Kada radi šalje zvučne impulse i odbijenu energiju prima kao jeku. Na osnovi izmjerenog vremenskog intervala određuje se duljina, smjer i dubina objekta.

Frekvencije zvuka koje se koriste iznose od 100 do 500 kHz. Veće frekvencije daju bolje rezolucije, ali imaju manji domet u otkrivanju podrtina. Sonarni uređaji mogu pružiti vizualnu sliku morskog dna [1]. Učinkoviti su uređaji za upotrebu u provjeri stanja podrtina. Za traženje podrtina najčešće se upotrebljava sonar zajedno s *ROV*-om, slika 6.



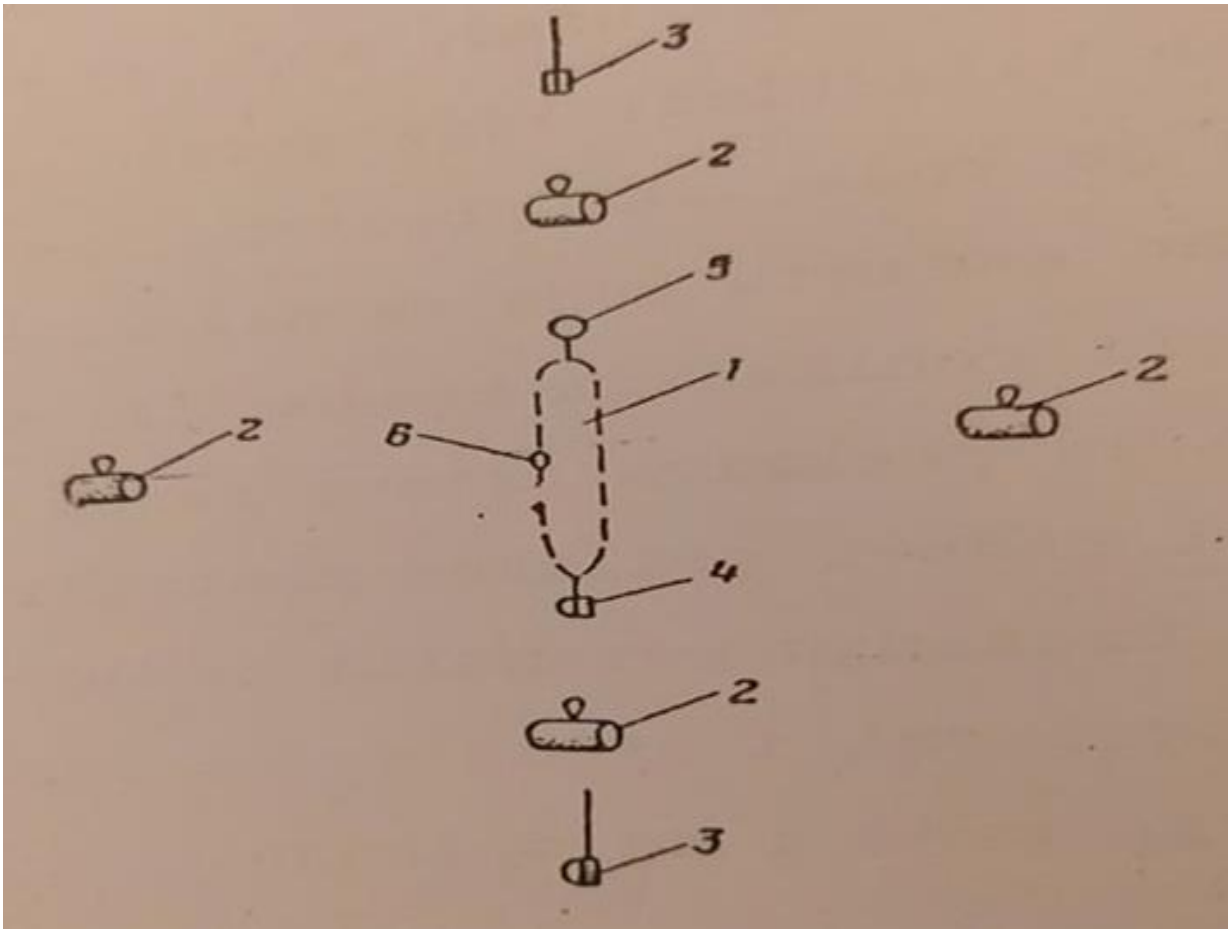
Slika 6. Prikaz sonara i ROV-a [21]

5. PRIPREMNI RADOVI PRIJE VAĐENJA PODRTINA

Kada se podrtina locira mora se označiti područje rada što obuhvaća [2]:

- polaganje plovaka i plutača,
- postavljanje oznaka područja rada,
- postavljanje sigurnosne užadi.

Raspored plutača, plovaka i oznaka prikazan je na slici 7.



Slika 7. Postavljanje plutača i plovaka pri dizanju podrtine [2]

Gdje je:

1. *podrtina,*
2. *plutača za vez i plovak,*
3. *plutača u suprotnom smjeru,*
4. *pramčana plutača,*
5. *krmena plutača,*
6. *radni plovak.*

Raspored postavljanja oznaka ovisi o prevladavajućim vremenskim prilikama u području gdje se izvode radovi vađenja i različit je za svaki pojedini slučaj. Pregled podrtine vrši se prema posebnim pravilima, a obuhvaća i niz važnih ronilačkih radova u koje spadaju i:

- mjerenje dužine podrtine,
- mjerenje širine i visine boka podrtine,
- mjerenje koliko je podrtina utonula u morsko dno.

5.1. OZNAČAVANJE TUNELA ISPOD PODRTINA

Tunele ispod podrtine treba označiti vrlo precizno, jer ako su oni nepravilno postavljeni podrtina izranja s nagibom, čime se otežava kasnije crpljenje VODE i postavljanje podrtine na ravnu kobilicu. Pri ravnom položaju podrtine ronilac sa zavezanim čvorovima užeta ili drugim oznakama označava broj i mjesta za tunele. Ako podrtina leži na dnu prevrnuta kobilicom prema gore nema predmeta za koje se može zavezati i spustiti užad za označavanje položaja tunela, pa tada ronioci vežu čeličnu užad za pramčanu statvu i rastežu je bokovima podrtine. Za vrijeme izvođenja ove operacije potrebno je pratiti [6]:

- temperature mora,
- morska strujanja,
- kretanje zračnih masa pri površini mora,
- vremensku prognozu.

Podatke je potrebno pratiti na spasilačkom brodu i bilježiti svaki sat. Veoma ih je važno poznavati, odnosno prethodno utvrditi sastav morskog dna, tablica 1.

Tablica 1. Koeficijenti sile adhezije na različite sastave dna [6]

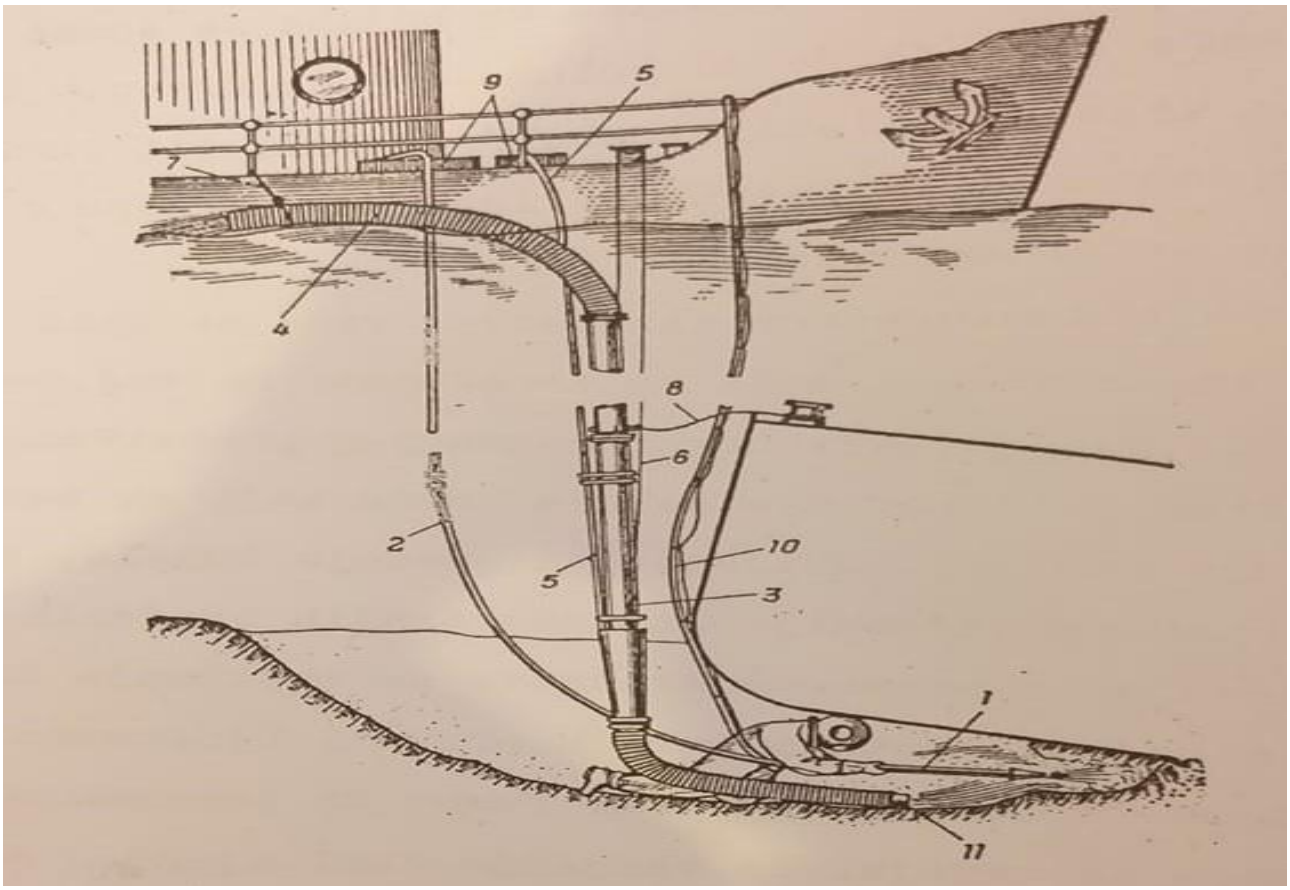
Karakter dna	**koeficijent K**
Kamenito sa pijeskom (*žalo*)	0 – 0.05
Krupni pijesak	0.05 – 0.10
Sitni pijesak (*pržina*)	0.15 – 0.20
Sloj mulja, a ispod meka glina	0.15 – 0.20
Mulj sa *vezujućom* glinom	0.20 – 0.25
Vezujuća glina s pijeskom i školjkama	0.25 – 0.45

5.2. ISPIRANJE MORSKOG TLA ISPOD PODRTINA

Tijekom vađenja podrtine često je potrebno odstraniti veliku količinu tla s morskog dna kako bi se napravilo veliko udubljenje radi olakšanog ispravljanja ili zakapanja podrtine. Pri odstranjivanju tla s morskog dna koriste se jaružala, kopači ili crpke za ispiranje dna. Radove na ispiranju vrše ronioci, postavljajući na morskom dnu sredstva za ispiranje i jaružanje. Tijekom ispiranja dna potrebno je stalno provjeravati da li dobiveni profil odgovara predviđenom i da li se ostvaruje predviđeni tempo radova. Približna provjera profila udubljenja koja se kopaju može se izvršiti mjerenjem dubina dubinometrom s broda za spašavanje koje se zatim uspoređuju sa skicom izmjerenih dubina prije početka radova na ispiranju. Mjerenja dubinometrom vrše se kada je more mirno. Za ispiranje dijelova podrtine koji su na morskom dnu, za pravljenje manjih udubljenja, za ispiranje tunela, kao i za izbacivanje mulja iz unutrašnjih prostora podrtine, upotrebljavaju se sljedeća prijenosna sredstva za ispiranje [2,3]:

- vodene i zračne crpke,
- ejektori,
- crpke za zemlju.

Oprema za ispiranje morskog dna prikazana je na slici 8.



Slika 8. Ispiranje tunela [2]

Gdje je:

1. *crijevo za ispiranje,*
2. *crijevo za dovod vode,*
3. *crpka za ispiranje,*
4. *crijevo za crpljenje vode,*
5. *crijevo za dovod zraka,*

6.7.8. *užad za podvezivanje,*

9. *podmetači,*
10. *crijevo ili signalno uže i telefonski kabel za vezu s roniocem,*
11. *nastavak usisnog crijeva.*

Uže 6 za podvezivanje nosi na sebi težinu čitave crpke za ispiranje. Uže 7 drži kraj samog crijeva za izbacivanje iznad vode, kako bi se moglo kontrolirati izbacivanje mulja. Uže 8 sprječava da crpka ispliva na površinu u slučaju da joj se usisni dio začepi muljem. Naročitu pažnju treba obratiti da crijeva za zrak i crijeva za vodu nemaju nigdje oštrih pregiba i zamršenih petlji i prijeloma, jer se crijeva mogu oštetiti. Kako bi se to izbjeglo, ispod oštrih krajeva postavljaju se drvene gredice sa zaobljenim krajevima, a zračna crijeva se vezuju malim konopima uz cijev crpke za ispiranje dna. Tlak vode i zraka u crijevima treba postepeno dizati, tako da se puni pritisak postigne tek onda kada crpka počne raditi.

5.3. ISPRAVLJANJE PODRTINA KOJE LEŽE NA MORSKOM DNU

Podrtina koja leži na većoj dubini s nagibom u odnosu na morsko dno najprije se ispravljaju na mjestu, a zatim se podiže na površinu. U postupku ispravljanja njenog položaja najčešće se koriste: pontoni, plovne dizalice ili komprimirani zrak. Konopi za ispravljanje postavljaju se na čvrste dijelove trupa podrtine, tj. na [2]:

- osnovu palubnih nadgrađa,
- palubne otvore,
- brodske prozore.

Pomorski radovi kod ispravljanja položaja podrtine slični su radovima koji se izvode prilikom vezivanja pontona za konstrukciju trupa.

Podrtina koja je potonula s kobilicom prema gore obično se diže na površinu komprimiranim zrakom koji se dovodi u njezin trup. Ponekad se uz podrtinu učvršćuje po nekoliko pontona kako bi joj se osigurala potrebna stabilnost prilikom isplivavanja na površinu s palubom prema

dolje. Nakon dizanja podrtina se tegli do mjesta male dubine gdje se ispravlja i preokreće u normalan položaj. Podrtina koja leži na dnu kobilicom prema gore može se lako okrenuti na bok. Potrebno je najprije podrtinu olakšati dovođenjem komprimiranog zraka u njezin trup, a zatim uz jedan od bokova spojiti nekoliko pontona sila kojih će ju okrenuti na bok. Ispravljanje veće podrtine s boka u normalan položaj često predstavlja težak posao i traži mnogo truda.
Spašavatelji prije početka ispravljana položaja podrtine moraju proračunati potrebne sile za taj zahvat. Proračun se vrši po sljedećoj jednadžbi:

$$P_1 l + P_2 b = Q a \qquad (1)$$

Gdje je:

P_1 - sila uzgona pontona za ispravljanje,

P_2 - ukupna sila tegljenja koloturnika,

Q - težina podrtine,

l, b, a - krakovi navedenih sila u odnosu na točku zaokreta podrtine na dnu.

Zrak koji se dovodi u trup podrtine istiskuje vodu iz podrtine samo do gornjih krajeva palubnih otvora, nakon čega počinje izlaziti van kroz otvore. Na taj način zrakom se može izbaciti samo mala količina vode iz trupa podrtine. Osim toga, potrebno je imati u vidu i činjenicu da pri najmanjem nagnuću podrtine zrak počinje izlaziti kroz palubne otvore na površinu pa voda ponovo popunjava prostor koji je napustio zrak. Stoga proizlazi da zrak može malo pomoći ispravljanju položaja trupa podrtine, pa da bi se izvršio ovaj zadatak potrebno je tražiti druge načine i sredstva.

5.4. MJERE SIGURNOSTI PRI SPAŠAVANJU PODRTINA

Načini i postupci pri vađenju podrtina mogu biti različiti. Pri vađenju vrijednih mehanizama iz podrtina može doći do potrebe da se najprije razradi detaljan plan za odvajanje mehanizama od temelja i zatim njihovo dizanje na površinu u cijelosti ili u dijelovima. Poslije toga se pripremaju sredstva i pomoćni uređaji za dizanje, kako ne bi došlo do oštećenja mehanizma prilikom vađenja.
Pri dizanju krupnih tereta bolje je utrošiti više vremena i sredstava na izradi specijalnih naprava za hvatanje tereta i njihovo dizanje na površinu, jer će se time način ubrzati radovi na rasterećenju podrtine [3].

Kako bi se smanjile nezgode tijekom operacija vađenja podrtine moraju se provoditi sljedeće mjere sigurnosti [6]:

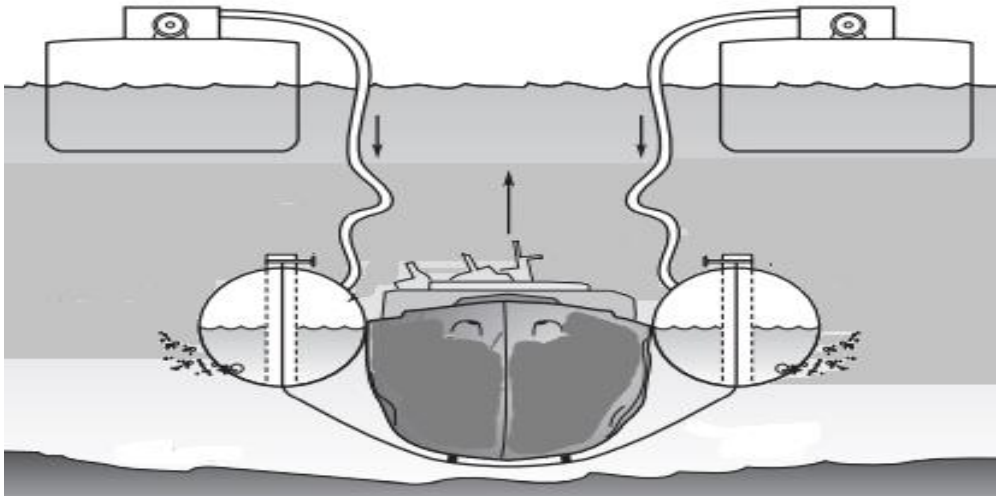
- radovi na dizanju teških tereta moraju se izvoditi pod rukovodstvom i odgovornošću iskusnog glavnog brodara,
- konopi za vezivanje predmeta koji se dižu, ispitivanje sigurnosti vezivanja, potrebno natezanje teglja i rukovođenje dizanja sve do izlaska predmeta na palubu potonulog broda ili do njegovog odvajanja od dna,
- ronilačka postaja prilikom izvođenja radova na dizanju mora biti opremljena telefonom, a telefonista na površini povezan sa strojarom koji za vrijeme izvođenja radova rukuje vitlom ili s dizalicom,
- pri izvođenju radova u podrtini prostorije i prolazi moraju biti prethodno očišćeni od mulja,
- ronioci i brodari koji rade na dizanju moraju biti detaljno upoznati s karakterom tereta koji se diže i s njegovom težinom i moraju biti dobro obučeni i pripremljeni za načine vezanja,
- ronilac mora pristupiti vezivanju tek nakon što provjeri da teret leži čvrsto na mjestu,
- strogo je zabranjeno dizanje ronioca zajedno s teretom iz brodskog skladišta,
- kada teret dođe do pražnice palubnog otvora ronilac mora dati znak za prekid dizanja i mora stalno vršiti provjeru da li teret pravilno izlazi ili će zapeti za ivice otvora,
- osoba koja koristi telefon dužna je jasno i brzo prenositi upute ronioca,
- zabranjeno je bez uputa ronioca prikupljati i natezati tegalj konopa za dizanje.

6. METODA SPAŠAVANJA PODRTINA VRAĆANJEM PLOVNOSTI

Uspostavljanje plovnosti podrtina obično je najvažniji spasilački zadatak poduzet u sklopu operacije spašavanja podrtine, a koji se često naziva i uzgonsko dizanje podrtina. Postoji nekoliko načina uspostavljanja plovnosti podrtine [2,3]:

- izbacivanje vode crpkama,
- izbacivanje vode upuhivanjem komprimiranog zraka,
- kombinacija izbacivanja vode crpkama i upuhivanjem komprimiranog zraka,
- izbacivanje vode uporabom posebnih plutajućih materijala postavljenih unutar trupa.

Voda koja je ostala u podrtini, ili samo u nekim njenim dijelovima, može uzrokovati probleme sa stabilnošću i ukupnom čvrstoćom trupa. Za spašavanje podrtina potrebno je postići ne samo oporavak plovnosti, već i zadovoljavajuće uvjete stabilnosti, okretnosti i snage. Proces vraćanja plovnosti može se primijeniti za podrtine koji su napola potopljeni, ili podrtine na manjim dubinama. Uzgonsko dizanje ostvaruje se izvana tako da se oprema za dizanje učvršćuje za podrtinu i međusobno povezuju žičanom užadi ili lancima koji mogu prolaziti ispod ili iznad podrtine. Kada se u opremu za dizanje upuhuje komprimirani zrak dizanje je jednako unutarnjem volumenu upuhanog zraka umanjenom za težinu podrtine. Vraćanje plovnosti podrtine prikazano je na slici 9.



Slika 9. Uzgonsko dizanje [3]

Za vraćanje plovnosti podrtine najčešće se koriste:

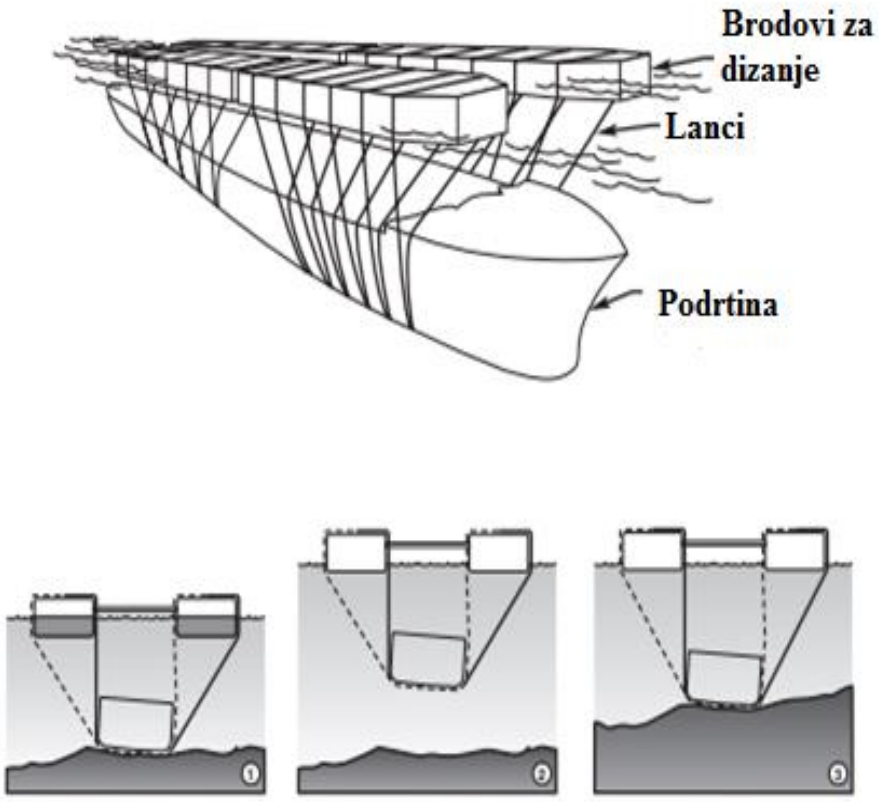
- pneumatske vreće ili vreće na napuhavanje,
- pontoni.

Vreće na napuhavanje i kruti čelični pontoni jedini su plutajući uređaji za dizanje koji su dosljedno uspješni u spašavanju.

Vraćanje plovnosti je jeftinija ali dugotrajnija metoda u usporedbi s vađenjem podrtine s mehaničkim sredstvima, a to je zbog činjenice jer se koristi jednostavnija oprema. Glavni nedostatak vraćanja plovnosti je ograničenje dubine podrtine zbog visokog hidrostatskog tlaka. Stoga se moraju kontinuirano pratiti iznosi tlaka unutar zabrtvljenih odjeljaka koji se mijenja s promjenama dubine tijekom procesa vađenja, a kako bi se izbjegle eksplozije ili iplozije.. Međutim, vraćanje plovnosti je metoda koja uzrokuje minimalno oštećenje trupa, pa se koriste uglavnom samo u plitkim dubinama do oko 40 m.

6.1. SPAŠAVANJE PODRTINA UZ POMOĆ PLIME

Plimno dizanje ostvaruje se pomoću brodova za dizanje koji koriste plimu kao pomoć za dizanje podrtina. Ovo dizanje ostvaruju se pomoću spasilačkih brodova koji ne mogu zaroniti i koji se uglavnom oslanjaju na plimu zbog svoje sposobnosti vađenja. Plimno dizanje se rijetko koristi u modernom spašavanju [3]. To je tehnika koja koristi silu prirode mijene mora, a oprema može biti improvizirana iz sasvim obične pomorske opreme. Plimno dizanje spašavatelji koriste pomoću trikova i stoga se kao tehnika upotrebljava uglavnom u nuždi. Za plimno dizanje obično se koriste plovni objekti koji rade u parovima, a potonula podrtina se nalazi između njih. Koristi se teška žičana užad koja prolazi ispod broda. Brodovi za dizanje se balansiraju do svojeg najdubljeg sigurnog radnog gaza, a teška žičana užad ili lanci za dizanje čvrsto se zakače za podrtinu. Kako se plima diže tako brodovi za dizanje ispuštaju svoj balast, podrtina se podiže i premješta u pliće područje, ali i dalje ostaje podupirana brodovima za dizanje. Ovaj postupak ponavlja se više puta što je prikazano na slici 10.



Slika 10. Plimno podizanje [3]

Plovni objekti za plimno dizanje najčešće rade u parovima, po jedan sa svake strane podrtine. Najviše se mogu istovremeno koristiti do četiri broda za dizanje. Plimna dizanja su najučinkovitija u područjima s velikim rasponom plime.

U plimnom dizanju postoje dvije kritične fizičke veličine:

- kapacitet podizanja broda za dizanje koji je relativan u odnosu na težinu podrtine koju treba podići,
- visina podrtine koja se može podići.

Kapacitet dizanja mora premašiti težinu koju treba podići. Količina dizanja je stvar prosudbe koja se temelji na uvjetima pojedine operacije. Razuman minimalni višak nosivosti je 20% težine koju treba dizati.

Visina podrtine koja se može podići prvenstveno ovisi o porastu plime. Plimno podizanje je učinkovito samo ako postoji dobar raspon u plimama, jer u protivnom to mogu biti duge i neučinkovite operacije.

Prethodni hidrografski pregled mora biti sastavni dio planiranja operacije za plimno dizanje. Ovim pregledom utvrđuje se:

- kolika je dubina morskog dna na kojem se nalazi podrtina,
- da li na morskom dnu postoje prepreke koje mogu ometati kretanje podrtine.

Nakon što se utvrdi dubina podrtine izvedivost operacije određuje se prema:

- izračunu maksimalnog porasta plime,
- izračunu dobitka debalastiranjem,
- oduzimanju taloženja ili dubine rupe iz koje se podrtina mora podići.

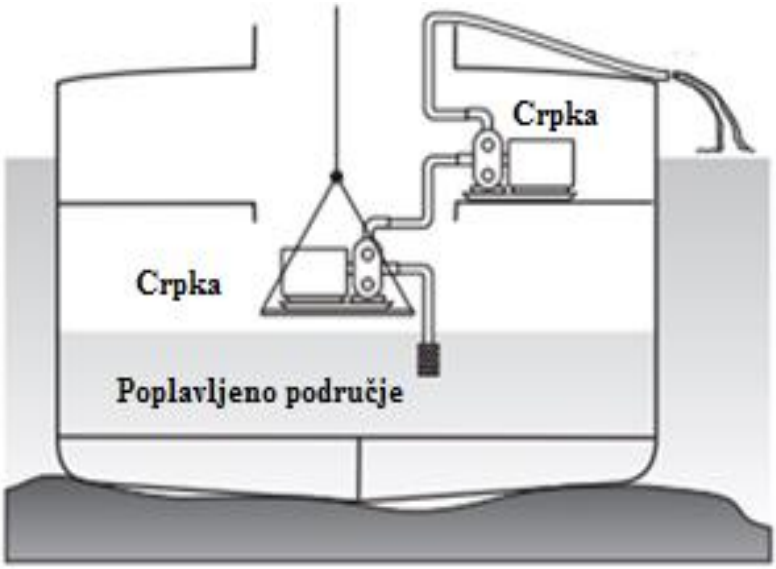
6.2. IZBACIVANJE VODE CRPKAMA

Izbacivanje vode crpkama vjerojatno je najčešća metoda za uklanjanje vode iz poplavljenog prostora podrtine. Kada brod potone u plićem području izbacivanje vode crpkama je najlakši, najbrži i najučinkovitiji način vraćanje uzgona, jer se na taj način odstranjuju velike količine vode i postiže visoka učinkovitost [2].

Izbacivanje vode iz tankova vrši se uz pomoć ronilaca koji najprije zatvaraju zakrpama sve podvodne rupe brodskog dna, bokova i palube. Ako se paluba broda nalazi ispod vode na otvore se postavljaju metalni ili drveni poklopci koji se ograde. Nakon zatvaranja rupa na trupu voda se izbacuje crpkama, a podrtina isplivava čim dobije dovoljan uzgon. Neki od alternativnih materijala za zakrpe su: beton, kompozitni materijali i drvo. Nakon zatvaranja odjeljaka pristupa se uklanjanju zarobljene vode. Izbacivanje vode crpkama je poželjan postupak u procesu dizanja podrtine iz sljedećih razloga [3]:

- crpke su relativno jednostavne za korištenje,
- crpke se mogu brzo montirati,
- velike količine vode mogu se premjestiti s visokim stupnjem učinkovitosti uz korištenje kompaktne prijenosne opreme,
- razina vode i količina vode mogu se kontrolirati s razmjernom preciznošću,
- izbacivanje vode crpkama zahtijeva manje vremena za pripremu i postavljanje u odnosu na druge metode izvlačenja vode.

Podrtina iz koje se izbacuje voda crpkama obično dolazi sporije u stanje plutanja u odnosu na podrtinu koja se podiže izbacivanjem vode upuhivanjem komprimiranog zraka. To daje spašavateljima dovoljno vremena da reagiraju na eventualne probleme i omogućuje im veću kontrolu podrtine. Slika 11. prikazuje izbacivanje vode iz podrtine pomoću dvije crpke.



Slika 11. Izbacivanje vode crpkama [3]

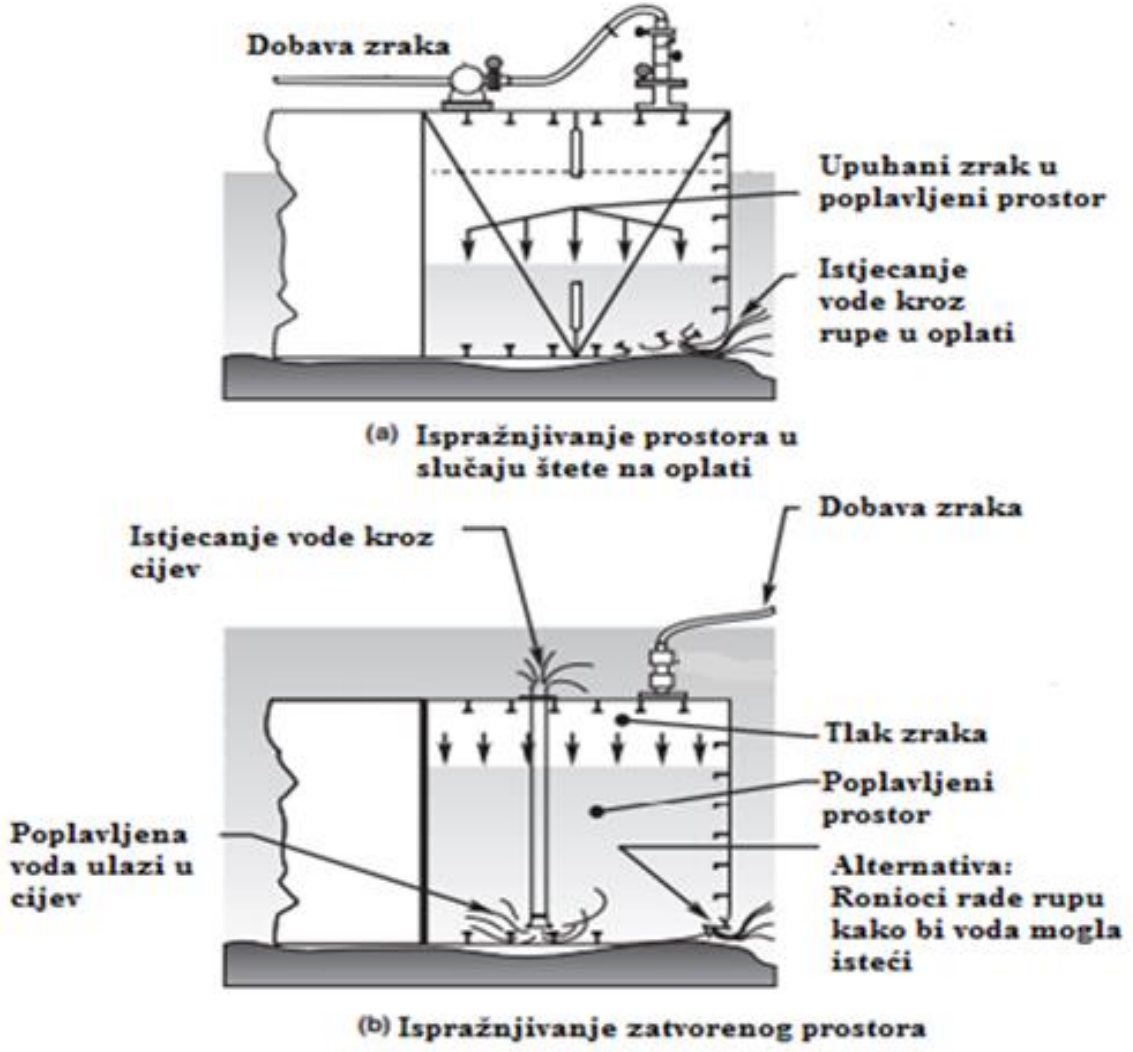
Da bi se izračunalo vrijeme potrebno za izbacivanje vode crpkama iz nekog prostora potrebno je:

- odrediti ukupni kapacitet rada crpki u minuti,
- izračunati ukupnu količinu vode koju treba ukloniti,
- podijeliti volumen vode koju treba ukloniti.

6.3. IZBACIVANJA VODE UPUHIVANJEM KOMPRIMIRANOG ZRAKA

Izbacivanje vode iz poplavljenog prostora podrtine vrši se upuhivanjem komprimiranog zraka pomoću kompresora. Najčešće se primjenjuje za dizanje većih podrtina koje leže na dnu kobilicom prema gore. Najprije se moraju hermetički zatvoriti svi otvori i oštećenja na dijelovima podrtine koji se nalaze iznad dna, tako da ne propuštaju zrak. Zbog toga je potrebno ulaziti unutar trupa podrtine kroz cijevi za prolaz koje su postavljene na njegovom dnu, a kako bi se iznutra zatvorili svi otvori. Zatim se spajaju cijevi zraka i voda istiskuje zrakom. Kad podrtina ispliva na površinu tegli se u pliće područje gdje se preostala voda iz nje do kraja izbacuje crpkama. Podmorski radovi u ovim slučajevima obuhvaćaju izradu i postavljanje zakrpa kao i opreme za postavljanje cijevi za ulazak u trup podrtine. Korištenje komprimiranog zraka zahtijeva bolje krpanje svih otvora i oštećenja i smatra se vremenski zahtjevnijim u odnosu na izbacivanje vode crpkama. Tlak zraka unutar svakog odjeljka mora se stalno pratiti kako bi se izbjegla eksplozija koja može nastati ako unutarnji tlak zraka postane veći od vanjskog hidrostatskog tlaka [2].

Metoda pražnjenja vode upuhivanjem komprimiranog zraka pogodna je za primjenu kod tankere koji prevoze naftu, jer se spremnici goriva i tankovi balasta lakše brtve. U slučajevima kada se paluba broda nalazi ispod vode i kada nije moguće u potpunosti začepiti rupe oštećenja postavlja se, umjesto zasebnih poklopaca za svaku oštećenu prostoriju, oko čitave palube koferdam koji se nalazi iznad vode i predstavlja učvršćeni zid [3]. Podmorske radove, koji se sastoje od izrade i postavljanja različitih zakrpa, poklopaca, bunara i koferdama obavljaju ronioci. Postupak izbacivanja vode upuhivanjem komprimiranog zraka prikazan je na slici 12.



Slika 12. Sustav komprimiranog zraka [3]

Zbog tehnološkog razvoja tehnike podvodnog zavarivanja i kvalitetnijih zračnih kompresora metoda pražnjenja prostora pomoću komprimiranog zraka znatno se je poboljšala posljednjih godina, što omogućava spašavateljima postizanje bolje zračne nepropusnosti u odnosu na ranije.

U spašavanju komprimirani zrak najbolje je koristiti za:

- isušivanje velikih spremnika, prostora za skladištenje ili prostora u kojima se nalaze razni strojevi,
- isušivanje tankova s dvostrukim dnom i dubokih spremnika koji su otvoreni prema moru,
- pražnjenje teretnih spremnika u tankerima i velikih spremnika za tekućine u drugim brodovima,
- pomaganje određenim vrstama operacija crpljenja kod kojih kontrolirano upuhivanje zraka smanjuje razliku tlaka na palubama ili na pregradama,
- postizanje dovoljne plovnosti za dizanje podrtine koja je potopljena bilo s boka ili potpuno naopako.

6.4. KOMBINACIJA IZBACIVANJA VODE CRPKAMA I UPUHIVANJEM KOMPRIMIRANOG ZRAKA

Kombinirano izbacivanje vode crpkama i upuhivanjem komprimiranog zraka najčešće se primjenjuje kad se traži zadržavanje razlike tlaka pregrade, palube, ili oplate u prihvatljivim granicama [3].

Prekomjerna razlika u tlaku može biti rezultat bilo kojeg od ova dva uvjeta:

- kada se odjeljak ispražnjuje crpkom u unutrašnjosti pregrada, oplata i palube potrebno je stalno pratiti atmosferski tlak. S vanjske strane potrebno je pratiti suprotstavljeni hidrostatski tlak koji ovisi o dubini i koji može prouzročiti strukturne deformacije.
- da bi se u potpunosti ispraznio prostor koristeći komprimirani zrak tlak u odjeljku mora biti veći od hidrostatskog tlaka na dnu prostora. Kad se upuhuje zrak u duboke odjeljke tlak upuhivanja može uzrokovati pretjerani tlak blizu vrha odjeljka.

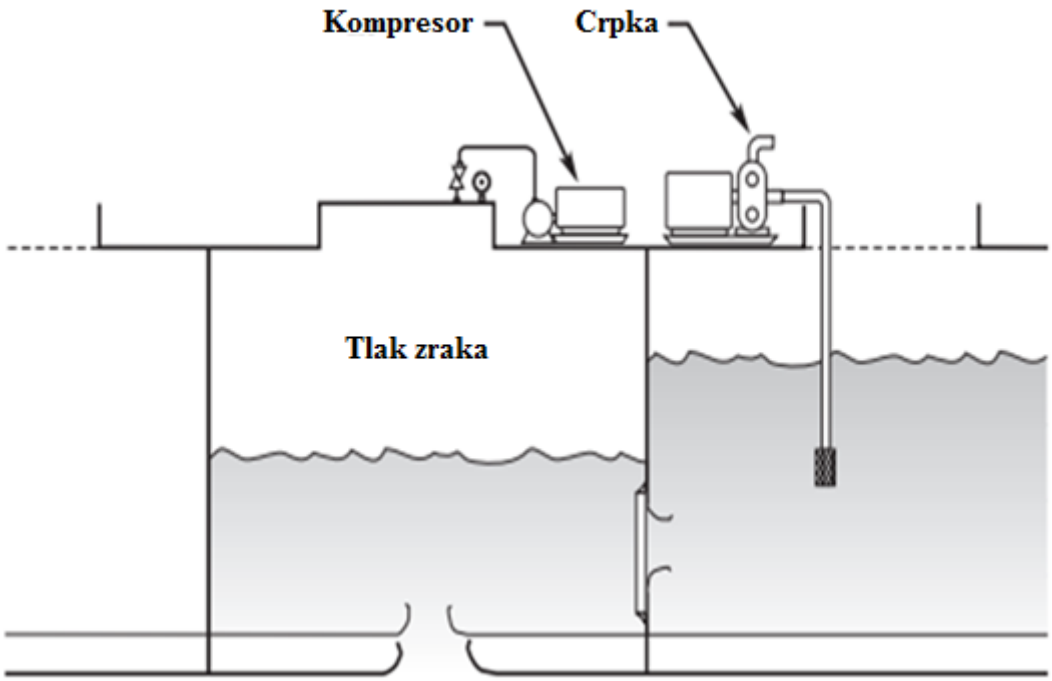
Kombinacija izbacivanje vode crpkama i upuhivanjem zraka može biti teško primjenjiva tehnika zbog problema koje obje tehnike imaju, a to su [4]:

- za upuhivanje zraka odjeljci moraju biti kvalitetno zabrtvljeni, s posebnom pažnjom na usisnim crpkama, odvodima, električnim vodovima, hidrauličnim cijevima,
- tlak u svakom odjeljku mora se pažljivo nadgledati kako se ne bi prekoračio maksimalni tlak upuhivanja,
- brzina protoka zraka mora se uskladiti s ukupnim kapacitetom crpljenja i mora se nadzirati promatranjem mjerača kako bi se izbjeglo prekomjerno tlačenje,
- rupe moraju biti dvostruko zakrpljene.

Kad se kombinirano izbacivanje vode crpkama i upuhivanjem zraka koristi za uklanjanje vode iz odjeljka mora se kontrolirati unutarnji tlak kako bi se osiguralo da:

- se ne podiže iznad granice koju odjeljak ne može izdržati,
- ne pada toliko nisko da se struktura deformira hidrostatičkim tlakom.

Kad se neki odjeljci prazne izbacivanjem vode upuhivanjem komprimiranog zraka, a drugi izbacivanjem vode crpkama, sa svakim odjeljkom može se upravljati neovisno jedan o drugom kao što je prikazano na slici 13.



Slika 13. Kombinacija crpljenja vode i upuhivanja zraka [3]

Kombinirane operacije izbacivanja vode crpkama i upuhivanjem zraka su zamorne i moraju se poduzimati samo uz potpuno razumijevanje problema koji su povezani s određenom situacijom vađenja podrtine i kada je to jasno zatraženo, a alternative nisu prihvatljive.

6.5. IZBACIVANJE VODE UPORABOM POSEBNIH PLUTAJUĆIH MATERIJALA POSTAVLJENIH UNUTAR TRUPA

Uzgon podrtine može se inducirati korištenjem plutajućih predmeta unutar njegovog trupa ili umetanjem raznih materijala koji djeluju kao plutajuća masa. Ovaj način izbacivanje vode primjenjuje se u slučaju kad je trup broda, podrtine, toliko oštećen da se ne može postići njegova

dovoljna vodonepropusnost pa nije moguće izbacivanje vode iz poplavljenog prostora crpkama ili upuhivanjem komprimiranog zraka.
Koriste se sljedeći postupci [3]:

- primjena pjene,
- sustavi ubrizgavanja komprimiranih granula,
- Karl Kroyer-ov sustav.

6.5.1. Primjena pjene

Pjena koja se primjenjuje u spašavanju je poliuretanska pjena koja nastaje kad se tekuće komponente kombiniraju i pod tlakom ubacuju u poplavljeni prostor. Pjena otvrdne i postane uzgonska masa. Lako se održava, ali se teško nanosi i uklanja. Primjena pjene je skupa, čak i u ograničenim količinama. To je velika operacija koja zahtijeva značajnu tehničku stručnost i uključuje ozbiljne opasnosti u vezi sigurnosti od požara. Primjena pjene kod spašavanja ima prednost jer kad stvrdne daje trupu dodatnu čvrstoću na pritisak. Doprinos pjene čvrstoći trupa varira od kvalitete pjene i temeljitosti njezine primjene. Pjena ugrađena u trup može omogućiti spašavatelju prihvaćanje smanjenog faktora sigurnosti pri opterećenju trupa.

6.5.2. Sustavi ubrizgavanja komprimiranih granula

Sustavi ubrizgavanja komprimiranih granula funkcionira tako da se granule koje su izrađene od petrokemijskog materijala ubacuju u trup podrtine. Granule su pod tlakom do razine okoline kako bi izdržale hidrostatički tlak na dubini i opremljene su odušnim ventilima koji omogućavaju izjednačavanje tlaka kako se podrtina podiže. Ovi sustavi zahtijevaju veliku količinu granula i značajnu opremu za rukovanje. Svaki od njih daje 25 kilograma uzgona i mogu se ponovo upotrijebiti. Opremljeni su dvosmjernim membranskim ventilom koji pruža određen diferencijalni tlak koji omogućava prijenos zraka ili plina, ali i sprječava prijenos vode sve dok unutarnji i vanjski tlakovi ne postanu približno isti.

6.5.3. Karl Kroyer-ov sustav

Karl Kroyer sustav koristi stiropor granule koje se pomoću pare šire u uzgonske kuglice. Granule se moraju skladištiti za sušenje i difuziju zraka prije nego što ih se iskoristi. Uzgonska masa nije kruta, ali postoji i izražen efekt slobodne površine.

7. METODA SPAŠAVANJA PODRTINA MEHANIČKIM SREDSTVIMA

Metoda spašavanja podrtina mehaničkim putem, tj. djelovanjem vanjskim silama, je metoda koja se najčešće primjenjuje za njihovo učinkovito vađenje. Pri tome se koriste sljedeća mehanička sredstva [2,3]:

- plovne dizalice,
- mehanička dizala kao A okvir koja su učvršćena na spasilački brod, slika 14.,
- vitla koja su učvršćena na spasilački brod.



Slika 14. A Okvir za podizanje [22]

Mehaničke operacije vađenja ne ovise o plimi ili bilo kojem obliku induciranog vraćanja plovnosti radi dobivanja dovoljne potrebne sile za vađenje. Pri mehaničkom podizanju spasilačke jedinice prenose svoju snagu dizanja preko žičanih užadi, ili lanaca koji su prethodno postavljeni i učvršćeni oko, kroz ili ispod trupa podrtine.

Mehaničko vađenje ima sljedeće prednosti:

- neovisnost o dizanju i spuštanju plime,
- veću kontrolu i brzinu vađenja,
- manji je broj posade potrebne za rad,
- mogućnost dizanja na valovima i u otvorenim vodama.

Vađenje podrtina s mehaničkim sredstvima ne zahtijeva brtvljenja, što pojednostavljuje cijelu operaciju. Dodatne prednosti ove metode su poboljšana kontrola tijekom dizanja podrtina. Nije potrebno praćenje tlakova unutar trupa i postiže se veća brzina dizanja, što može rezultirati kraćem trajanjem operacije. Međutim visoki troškovi operacije i najma, te dostupnost opreme za vađenje, kao što su plovne dizalice ili spasilački brodovi, glavni su problem prilikom vađenja podrtine mehaničkim putem.

7.1. PLOVNA DIZALICA

Plovna dizalica, (*brod s dizalicom, ili pontonska dizalica*) je specijalizirano plovilo za dizanje teških tereta, samim time i podrtina, slika 15.



Slika 15. Plovna dizalica Veli Jože [15]

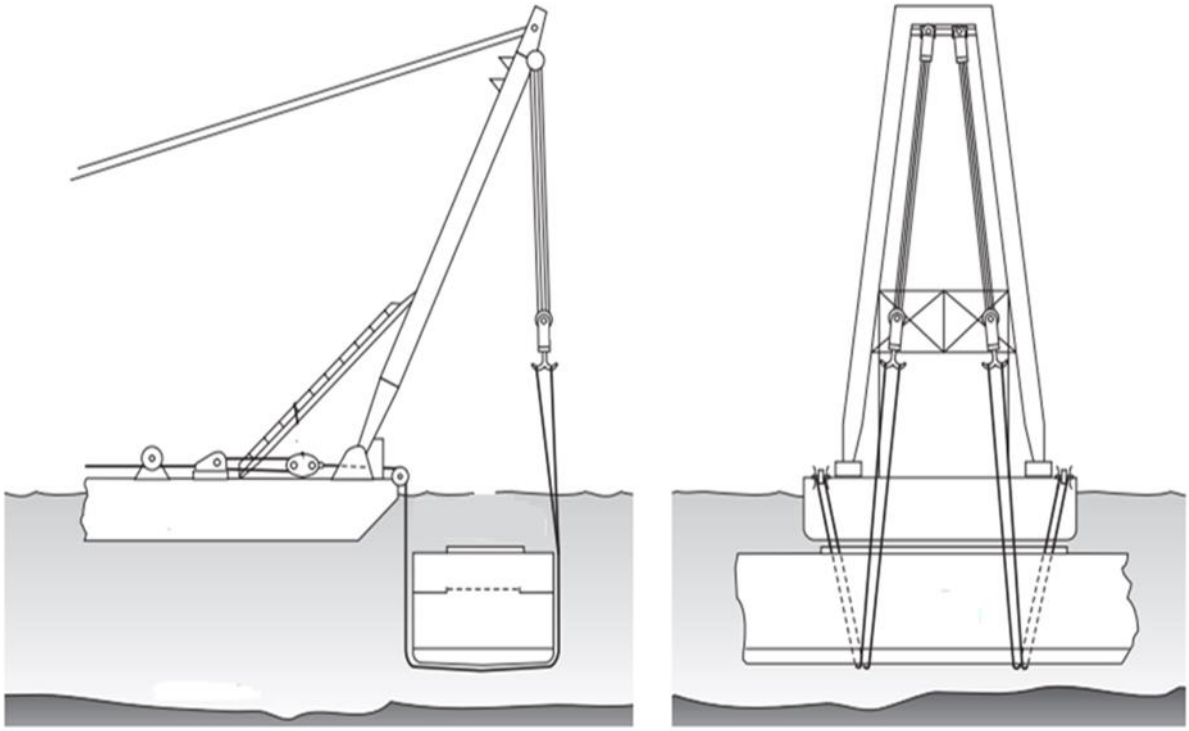
Plovna dizalica ima donji dio dizalice izgrađen kao četverokutni ponton [3]. Za plovne dizalice uglavnom se koriste konvencionalni jednotrupci. Najveće plovne dizalice su katamaran ili polu-potopno plovilo, jer imaju veću stabilnost. Najjednostavnije plutajuće dizalice imaju na pontonu nepomični dohvatnik koji se može samo naginjati, a pomoću tegljača se tegle u područje rada. Postoje i plutajuće dizalice s okretnim dohvatnicima i vlastitim pogonom. Dohvatnici mogu biti jednostruki ili člankasti.

Razlikuju se uglavnom 3 skupine plovnih dizalica [13]:

- dizalice srednje nosivosti, do 16 t, s velikim radnim brzinama koje služe za pretovar robe, a najčešće se koriste kao lučke dizalice,
- dizalice velike nosivosti, od 16 do 350 t, koje imaju manju radnu brzinu, a koriste se za ugrađivanje teških postrojenja u brodove i u gradnji luka za postavljanje lučkih dizalica,
- dizalice vrlo velikih nosivosti, od 350 do 3 000 t, koje imaju visinu dizanja do 100 m iznad vode i oko 50 m ispod vode, a najviše se koriste za vađenje podrtina.

Vezanje podrtine kod vađenja plovnom dizalicom vrši se sa dva konopa koji se stavljaju sa krme i pramca podrtine koja se vadi podvlačenjem, ispiranjem krajeva podrtine ili pokopavanjem tunela [2] . Petlje jednog konopa ronilac nameće na dizalicu, a konop se nateže okomito. Zatim se koloturnik razvlači, a očne upletke se nameću na palubu. Kad se obuhvati na isti način i krmeni konop ronilac nameće na kuku upletke prvog konopa i podvezuje sva četiri kraja ispod kuke prihvatnim konopom. Poslije toga dizalica pažljivo nateže konope za dizanje za 20 % – 30 % težine podrtine koja se diže. Konopi pri tome pomalo klize po bokovima prema sredini podrtine. Ronilac mora provjeravati sva 4 konopa jer moraju biti dobro i ravnomjerno nategnuti. U takvom položaju ronioci postavljaju na konope vezaljke koje se učvršćuju za palubu. Ako je paluba slaba na mjestima gdje su konopi zategnuti, tada se mogu postaviti preko palube drvene prečke koje se učvršćuju klinovima.

Ako podrtina po bokovima ima ljuljne kobilice ili grednu kobilicu i ako je statva oštra ili je oplata suviše tanka tada se umjesto konopa upotrebljavaju metalni lanci, jer bi inače konopi probili podrtinu, odsjekli oplatu ili bi se sami pokidali na oštrim rubovima kobilice ili statve. Plovna dizalica je najpogodnija za dizanje na moru. Međutim, zbog malog zahvata po visini i širini kosnika, plovnom dizalicom podrtina se ne može odmah izvaditi na površinu. Zbog toga kada se podrtina digne za onoliko koliko je to moguće, ova dizalica ju prenosi na manju dubinu, slika 16.



Slika 16. Dizanje s plovnom dizalicom [3]

Ako je za dizanje podrtine malo jedna dizalica onda se mogu upotrijebiti dvije ili više plovnih dizalica, a vezanje konopa za podrtinu vrši se posebno za svaku dizalicu.
Ovakav način dizanja podrtine je vrlo opasan, jer je vrlo teško regulirati ravnomjerno opterećenje konopa prilikom dizanja, osobito ako se obavlja s dvije i više dizalice. Neravnomjerno opterećenje može dovesti do pucanja konopa na jednoj od dizalica, pri čemu ostale dobivaju opterećenja veća od dozvoljenih [3]. Zbog toga se istovremeni rad s nekoliko dizalica dozvoljava samo u izuzetnim situacijama i ako je more mirno. Prije početka dizanja potrebno je pažljivo ispitati ispravnost svih dizalica, dobro razmisliti o mjerama koje treba poduzeti i u slučaju iznenadnog pogoršanja vremenskih prilika za vrijeme vađenja, te osigurati točnu i brzu vezu i signalizaciju između dizalica i upravljačkog mjesta.

7.2. DIZALICA POLUURONJIVOG TIPA

Poluuronjiva dizalica djelomično se potapa vodu kako bi joj težina bila u ravnoteži, slika 17. Dizalica se sastoji od dna trupa koji je pod vodom, okomitih nosača i gornjeg trupa. Na gornjem trupu nalaze se minimalno dvije glavne i nekoliko pomoćnih dizalica [14].

Dizalice poluuronjivog tipa imaju veliku stabilnost, a imaju vlastiti pogon što omogućava i prijevoz podrtina. Kad se postigne idealna ravnoteža omogućava se nesmetani rad dizalice, a

lagani trzaji tijekom dizanja podrtina su minimalni. Nosivost poluuronjivih dizalica iznosi 5.000 do 14.000 t.



Slika 17. Dizalica poluuronjivog tipa SSCV Thialf [23]

7.3. SPASILAČKI BRODOVI

Spasilački brodovi imaju sustave za dizanje koje se koriste za cjelovito ili djelomično vađenje podrtina, slika 18. Ovi brodovi obično imaju dvije dizalice, jednu na krmi i jednu na pramcu, pa mogu izvršiti podizanje s pramca ili s krme, a po potrebi i s obje svoje strane. Kod krmenog dizanju dva glavna krmena valjka vodilice sidrenog lanca koriste se za dizanje do 150 t tereta. Kad se pramčani valjci istovremeno koriste s krmenim valjcima, onda se može sa četiri žice izvršiti ukupno dizanje do 300 t [3].



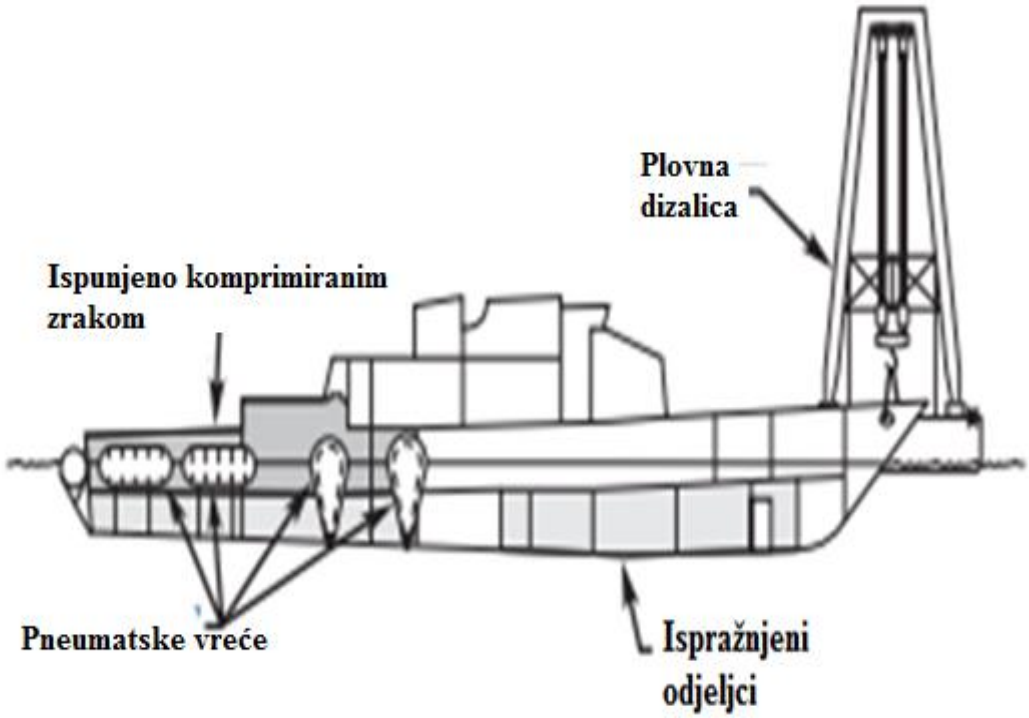
Slika 18. Spasilački brod ARS 50 [24]

Spasilački brodovi osim dizalica imaju još i sljedeću dodatnu opremu za vađenje podrtina:

- opremu za teglenje u koju spadaju konopi i lanci, što omogućava da se teglenje vrši s pramca, s krme i pod nepravilnim kutovima,
- dodatne dizalice,
- vatrogasnu opremu:
  - crijeva,
  - mlaznice,
- mehaničku opremu:
  - uobičajeni mehanički dijelovi za popravak,
  - zupčasti zupčanik,
  - ronilačka oprema,
  - čelik za popravke,
  - oprema za zavarivanje,
- crpke,
- dekompresijsku komoru,
- malu spasilačku podmornicu, odnosno ronilicu.

8. METODA SPAŠAVANJA PODRTINA KOMBINACIJOM MEHANIČKIH SREDSTAVA I VRAĆANJA PLOVNOSTI

U mnogim situacijama za vađenja podrtine mora se, zbog trenutne dostupnosti potrebne spasilačke opreme i vremenskih okolnosti, primijeniti metoda vađenje podrtine koja predstavlja kombinaciju metode vraćanja plovnosti i metode mehaničkog vađenja podrtine, slika 19.



Slika 19. Kombinirano vađenje podrtine [3]

Ova metoda vađenja podrtine uključuje [3]:

- pražnjenje vode iz odjeljaka komprimiranim zrakom u kombinaciji s nekoliko pari čeličnih pontona kojima se ostvaruje vraćanje plovnosti, a mehaničko vađenje se ostvaruje na pramcu,
- pražnjenje nekoliko odjeljaka u kombinaciji s jednim ili više parova plovnih objekata kojima se postiže vraćanje plovnosti,
- izbacivanje vode crpkama i upuhavanjem komprimiranog zraka iz nekih odjeljaka dok se istovremeno plovnim dizalicama omogućava stabilizirano mehaničko vađenje podrtine.

U situacijama kad je kapacitet vađenja mali, a postotak stvarne težine podrtine koja se spašava iznosi 20% do 25%, ili manje sila dizanja služi uglavnom za stabiliziranje ili za kontrolu sila na:

- poprečnu stabilnost ljuljajući podrtinu između nekoliko pari pontona ili u remenici dizalica,
- opremu za vađenje metodom vraćanja plovnosti.

U situacijama kad je kapacitet vađenja veći, a postotak stvarne težine podrtine koja je spašena iznosi 75% do 80% primjenjuje se:

- najmanje dizanje potrebno za vraćanja plovnosti i ako je moguće metoda koja uključuje najmanje radne snage,
- smanjivanje sile dizanja kao i postotak neto težine koju treba dizati što daje veću sigurnost i kontrolu.

Za planiranje bilo kojeg vađenja podrtine koji kombinira vraćanje plovnosti s mehaničkim vađenjem postoji samo jedan primijenjeni standardni operativni postupak:

- plovnost se oporavlja kao prva faza operacije,
- vanjsko podizanje se primjenjuje postepeno kao drugi stupanj kontrole.

Kombinirano dizanje podrtine je povoljno tamo gdje je potrebno ispirati morsko dno.

9. METODA UNIŠTAVANJA PODRTINA RAZBIJANJEM

Ponekad je stanje podrtine toliko loše da se može klasificirati samo kao podrtina koja se ne može vratiti u službu. Takva podrtina opasna je za plovidbu i za okoliš, a zapreka je i lučkim operacijama, pa je spašavatelji moraju ukloniti.

Kad god je to moguće podrtinu treba izvaditi u jednom komadu, ali ako je to problem ona se uništava tako da se razbija u dijelove koji se onda zasebno vade [3].

Uništavanje podrtine je najbolja opcija u sljedećim slučajevima:

- kad je šteta koju brod pretrpi toliko ozbiljna i velika da će se za potreban popravak potrošiti znatna radna snaga i materijal,
- kad taktičke, logičke ili operativne situacije ne mogu omogućiti spašavateljima dovoljno vremena da osiguraju postupak vraćanja uzgona,
- kad se zbog zaštite okoliša traži hitno uklanjanje podrtine jer može doći do potencijalne opasnosti za životinje i biljke,
- kad je procijenjen nizak prioritet zadatka uklanjanja podrtine u kombinaciji s nedostatkom opreme za njeno dizanje i kvalificirano spašavanje.

Za operacije razbijanja podrtina koriste uz uobičajene tehnike spašavanja i nekoliko specijaliziranih načina. Te se metode mogu vrlo klasificirati kao:

- razbijanje ručnim rezanjem,
- mehaničko razbijanje,
- razbijanje eksplozivom,

Spašavatelji moraju odrediti koja je metoda, ili kombinacija metoda, najprikladnija za svaku pojedinačnu podrtinu i da li je na raspolaganju odgovarajuća oprema. Kad postoji mogućnost, spašavatelji mogu kombinirati proces razbijanja podrtine s uobičajenim tehnikama spašavanja.

9.1. RAZBIJANJE RUČNIM REZANJEM

Ručno rezanje koje izvode ronioci uz pratnju spasilačke posade najčešća se upotrebljava kod obavljanja sitnih poslova rezanja i rastavljanja podrtine u dijelove. Ručno rezanje može biti površinsko ili podvodno, a izvodi se prijenosnom opremom ili alatima i uključuje [3]:

- plinsko rezanje,
- električno ili hidraulično rezanje,
- brušenje,

- termičke kabele,
- Kerie kabel.

Ručno rezanje je najprecizniji način za uklanjanje podrtine rastavljanjem u dijelove, ali je i vrlo zahtjevan, slika 20.



Slika 20. Podvodno rezanje [26]

Proces podvodnog rezanja je jeftin i daje dobre rezultate, pa je zbog toga nezamjenjiv u području podvodnih radova. Potrebna je posebna oprema koja se sastoji od:

- ronilačke opreme, uključujući suho ronilačko odijelo,
- crijeva za komunikaciju,
- crijeva za dobavu zraka,
- spremnika zraka na površini s regulacijskim manometrom,
- zavarivačke opreme koja se sastoji od istosmjernog izvora struje s obvezno sniženim naponom praznog hoda,
- kabela s pojačanom izolacijom,
- pištolja za zavarivanje (*držač elektrode*).

U mnogim operacijama rastavljanja podrtine u dijelove ručnim rezanjem, ronioci režu rebra i uzdužnjake s elektrodama, dok se oplata trupa i okvirna rebra rastavljaju naknadno uporabom eksploziva.

Podvodno rezanja zahtjeva kvalificirane ronioce koji se moraju strogo pridržavati svih propisanih sigurnosnih pravila u svezi zaštite okoliša i podrtine, što može utjecati brzinu podvodnu rezanja i preciznost.

Obzirom na vrstu elektroda koje se koriste pri ručnom rezanju razlikujemo [25]:

- rezanje šupljom elektrodom,
- egzotermno rezanje.

9.1.1. Rezanje šupljom elektrodom

Rezanje šupljom elektrodom koristi se pri realizaciji podvodnih radova. Potrebna toplina stvara se električnim lukom između šuplje elektrode i metala koji treba izrezati. Držač elektroda opremljen je dovodom kisika. Rezanje započinje kad se pritisne ručica za dovod kisika koji prolazi kroz šuplju elektrodu i upali se električni luk. Koristi se istosmjerni izvor struje. Za učinkovito rezanje potrebno je prilagoditi sve parametre, kao što su: kisik, jakost struje i brzina rezanja. S povećanjem dubine potrebno je povećati tlak kisika kako bi se poništio porast hidrostatskog tlaka. Vrlo dobro se režu svi dijelovi podrtine od čistog čelika, ali zbog potrebe električnog luka ne mogu se učinkovito rezati dijelovi s teškom korozijom.

9.1.2. Egzotermno rezanje

Egzotermno rezanje upotrebljava elektrodu ispunjenu malim gorivnim žicama, a plin za rezanje je kisik ili mješavina bogata kisikom kako bi se moglo neprestano rezati bez električnog luka. Kad se držač zapali električna struja se može isključiti, a toplina se održava termo-kemijskom reakcijom koju održavaju egzotermni materijali.

9.2. MEHANIČKO RAZBIJANJE

Mehaničko razbijanje podrtina izvodi se mehaničkim sredstvima koji su montirani na plovnim dizalicama i spasilačkim brodovima. Načini mehaničkog razbijanja podrtine su [3]:

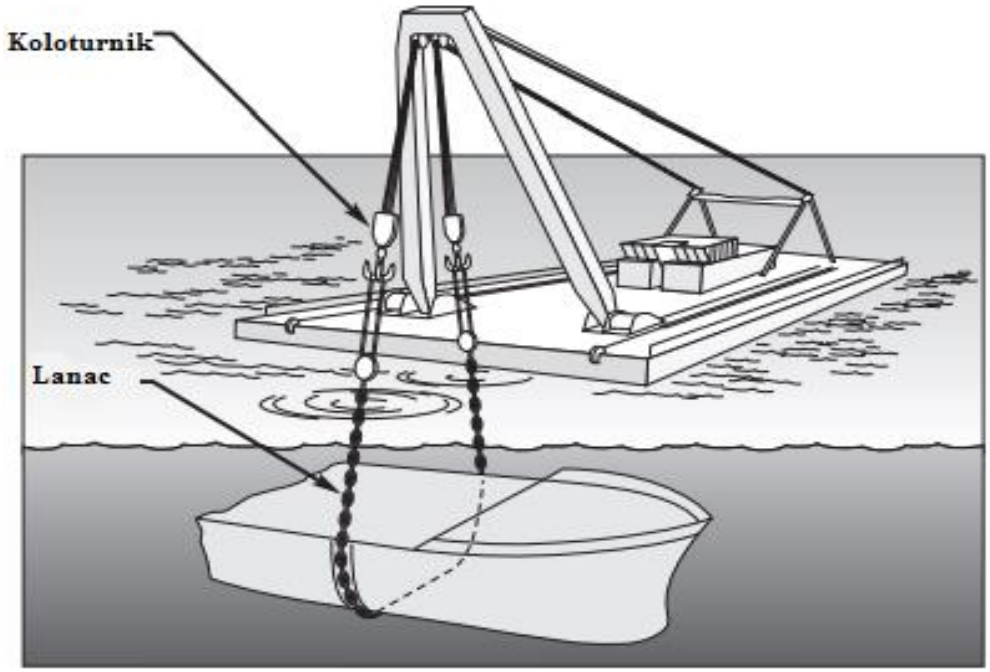
- rezanje lancima ili žicama,
- rastavljanje dijelova podrtine grabilicom ili specijalno dizajniranim hvataljkama,
- razbijanje probijačem.

9.2.1. Rezanje lancima

Način mehaničkog rezanja podrtine lancima stara je više od jednog stoljeća. Neprekidnim dizanjem i spuštanjem podrtine, koja se prethodno obuhvati lancima, razbija se njezin trup u dva dijela.

Ovaj postupak se ponavlja i u kombinaciji s rezanjem, kidanjem i drobljenjem podrtina se razbija i dijeli na manje dijelove.

Na ovaj način podrtina se može rezati na okomite ili vodoravne dijelove, ovisno o njenom položaju i dostupnosti odgovarajuće opreme za dizanje i tegljenje, slika 21.



Slika 21. Rezanje lancima [3]

Rezanje lancem je učinkovitiji način od rezanja žicom u ovim slučajevima:

- kad su na raspolaganju prikladne velike dizalice za dizanje i upravljanje sustavom rezanja,
- kad plimne ili riječne struje ozbiljno ograničavaju ronjenje,
- kad podvodno rezanje ili eksplozivi nisu bili potpuno uspješni,
- kad oštećene podrtine rezanje čine teškim i opasnim, posebno u slučajevima kad su dijelovi podrtine djelomično uzdignuti,
- kad velike količine tereta ili otpada stvaraju ozbiljne prepreke njegovom uklanjanju i održavanju pristupa rezanju.

Za rezanje lancima potrebni su visokokvalitetni lanci koji ne smiju imati pukotine, labave prečke i strukturna izobličenja. Ovo rezanje ne smije se izvoditi s lancima promjera manjim od 6 cm.

9.2.2. Razbijanje i vađenje grabilicom

Kako bi što prije uklonili probleme koji bi mogli nastati zbog teško oštećenih podrtina spašavatelji ih najprije pokušavaju rastaviti i podići dizalicama s grabilicama. Vrste grabilica su [3]:

- kaktus grabilica,
- horizontalno zatvarajuća hidraulička grabilica,
- hvataljka s krakovima ili polip grajfer,
- čeljusna grabilica.

Grabilice ne mogu učinkovito razbiti čelik i ne podnose velika naprezanja zbog mogućnosti od njihovog puknuća. Tijekom korištenja pokazalo se je da su grabilice oblika kaktusa izuzetno korisne za zahvat vađenja dijelova podrtine jer uspješno kidaju njihovu prethodno eksplozivom oslabljenu čeličnu strukturu. Ove grabilice su masivne građe i snažne, ali nemaju široku čeljust otvora, slika 22.



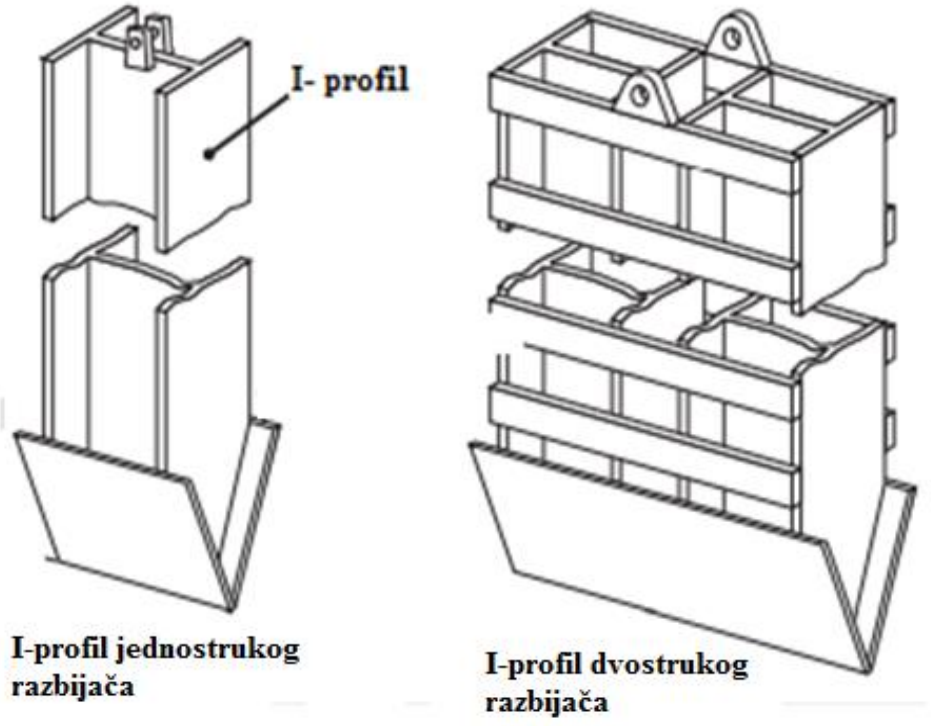
Slika 22. Grabilica kaktus [3]

Grabilice su uspješne u operacijama rastavljanja podrtine u dijelove i njihovog dizanja iz sljedećih razloga:

- masivno su izrađene i relativno jednostavne za rukovanje,
- njima se može upravljati neovisno o roniocima, smanjujući tako rizik po osoblje,
- imaju sposobnost čvrsto držati deformirane čelične konstrukcije.

9.2.3. Razbijanje probijačem

Razbijanje podrtine probijačem podrazumijeva razbijanje čeličnih konstrukcija koje nisu u potpunosti razbijene eksplozivnim, ručnim rezanjem ili lancima s plovnih dizalica. Probijanje podrtine obično se izvodi s teškim I profilom na koji je učvršćen probijač. Probijači su uobičajeno dužine oko 1,3 m i težine između 10 i 15 t. Kako bi se dobilo na težini probijača, a time i na učinkovitosti razbijanja, mogu se unutar I profila smjestiti olovne šipke. Razbijanje podrtine probijačem izvodi se s plovne dizalice. Probijač se diže iznad podrtine, a zatim se više puta slobodnim padom spušta na područje koje udarcem treba razbiti. Probijači podrtine su učinkoviti mehanički uređaji za razbijanje podrtine u slučaju kad rezanje pomoću lanca ili vađenje grabilicom nije moguće. Uspješno probijanje podrtine ovisi o težini probijača i brzini pada. Slika 23. prikazuje jednostruki i dvostruki probijač.

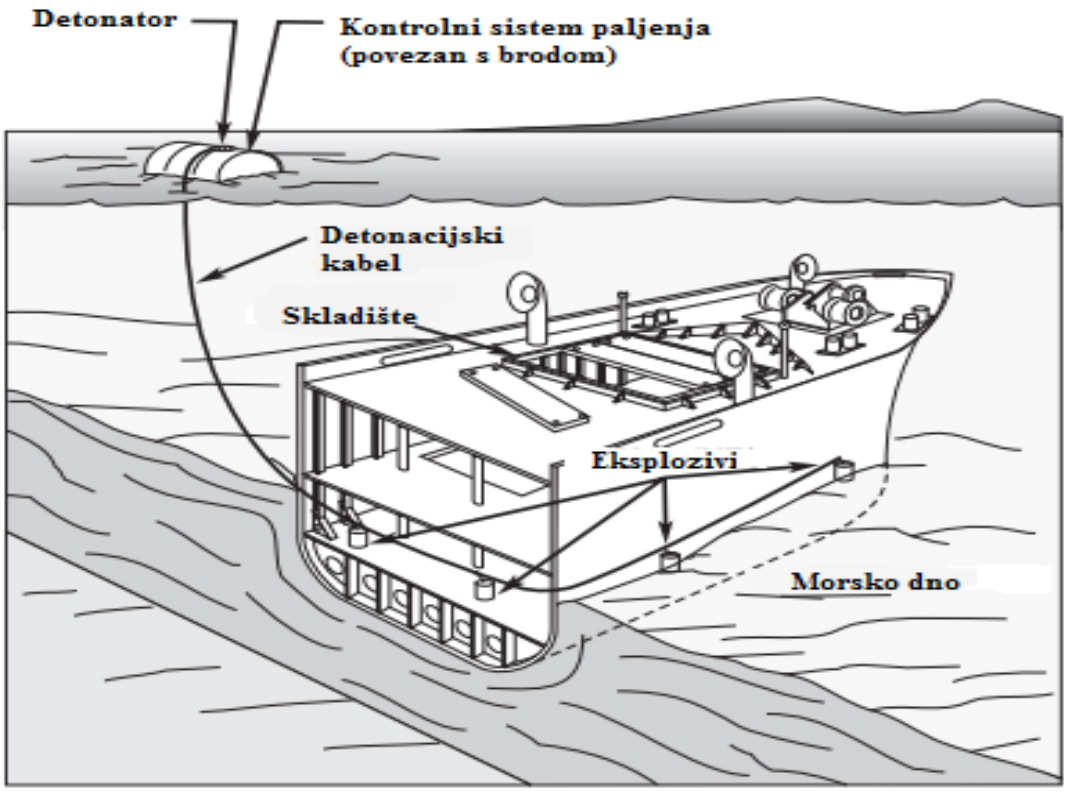


Slika 23. Jednostruki i dvostruki probijač [3]

9.3. RAZBIJANJE EKSPLOZIVOM

Eksploziv je važno sredstvo koje može biti učinkovito u postupku razbijanja i uklanjanju podrtine, slika 24. Uporaba eksploziva uključuje [3]:

- rezanje ili lomljenje dijelova trupa podrtine,
- umetanje ili izravnavanje podrtine u morsko dno,
- razbijanje dijelova podrtine koji se ne mogu riješiti drugim metodama.



Slika 24. Prikaz uništavanja podrtine eksplozivom [3]

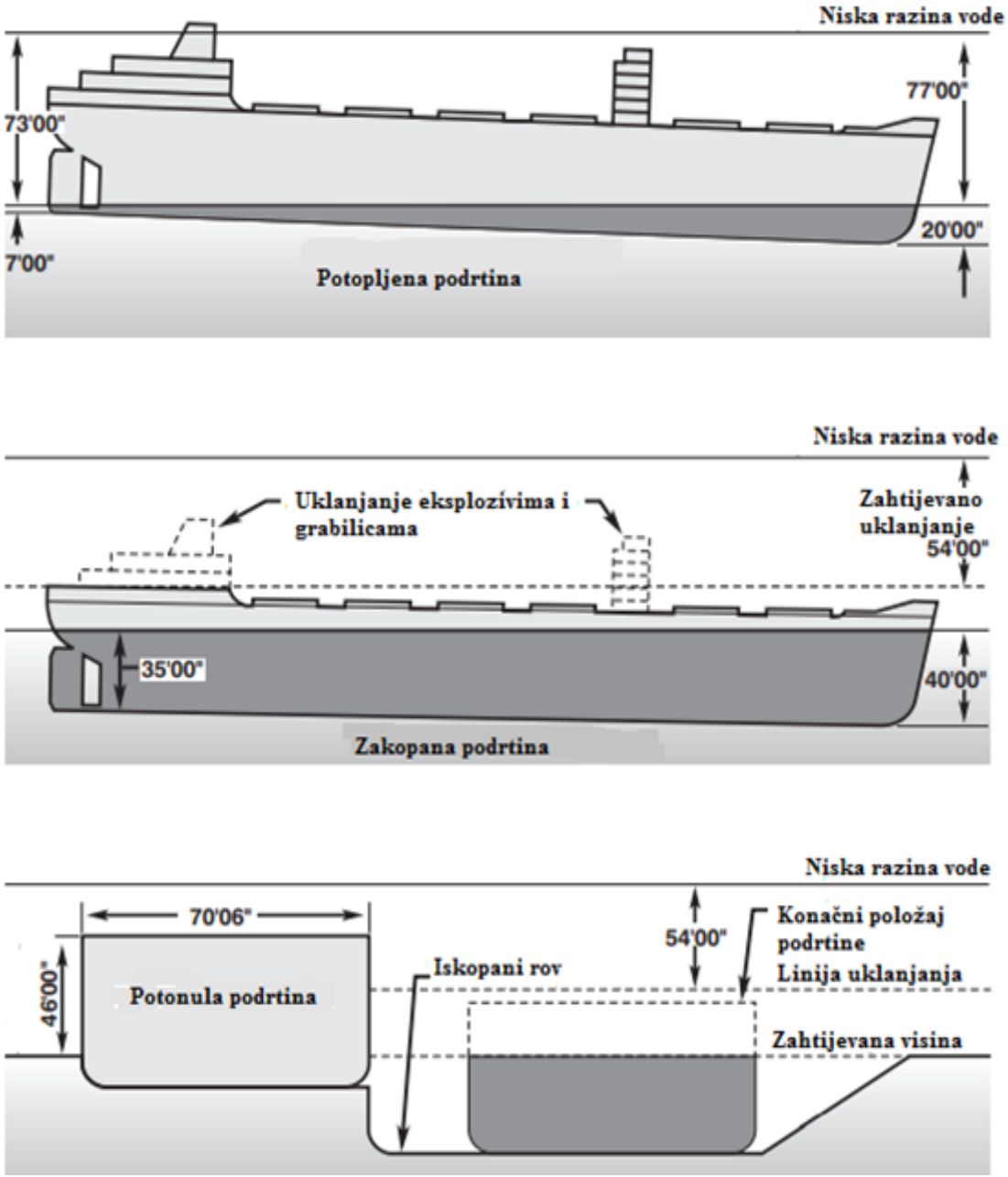
Zbog zaštite okoliša mogu se zahtijevati detaljne provjere sigurnosti prije uporabe eksplozivnog razbijanja. Glavni razlozi razbijanja podrtine eksplozivom su u tome što se:

- ubrzavaju podvodne radnje, jer se eksploziv može vrlo brzo postaviti i brzo detonirati,
- smanjuje se vrijeme ronjenja,
- aktivira se s udaljenosti, što stvara dodatnu mjeru sigurnosti.

Razbijanje podrtine eksplozivom zahtijeva temeljito razumijevanje uporabe eksploziva. Da bi se postigao maksimalni učinak eksploziv se mora pravilno postaviti uz izravni dodir s čeličnim limovima i treba zanati raspored rebara i uzdužnih nosača koji podupiru oplatu.

10. METODA UNIŠTAVANJA PODRTINA ZAKOPAVANJEM

Zakopavanje podrtine može se provesti kao operacija s eksplozivom ili kao tehnika jaružanja. Ovaj oblik uništavanja podrtine minimizira opasnost za sigurnost plovidbe, ali ne uklanja u potpunosti potencijalnu prepreku. Kad su prikladni uvjeti na morskom dnu i kad je postoji dovoljna dubina vode moguće je iskopati rov, ili niz rovova u koje se podrtina može postaviti i zakopati koristeći materijal iz iskopa okolnog tla [3]. Da bi se smanjile količine radova prije nego što započne iskop za zatrpavanje podrtine ronioci najprije raščiste, odvoje i izrežu nadgrađe broda, jarbole i dimnjak, slika 25.



Slika 25. Postupak zakapanja podrtine [3]

Operacija zakopavanja podrtine provodi se na sljedeća tri načina:

- jaružanjem,
- eksplozivom,
- visokotlačnim mlazom vode.

Zakopavanje podrtine obično je najmanje korištena metoda kod uklanjanja podrtine. Iako se problem ometanja plovnog puta ili vezova može riješiti zakopavanjem podrtine, ona ostaje na mjestu gdje može postati prepreka budućoj izgradnji.

Zakopavanje podrtina može se izvoditi nakon prethodno provedenih geomehaničkih istražnih radova, konzultacija s tijelima za dugoročno planiranje i odobrenja od strane priznatih ili državnih agencija za zaštitu okoliša.

Načini zakopavanja podrtine su:

- razbijanje ručnim rezanjem jedne strane podrtine tako da se prevrne u prethodno iskopani rov,
- jaružanje i razbijanje ručnim rezanjem sa svake strane podrtine, tako da se ljuljajući s lijeve na desnu stranu prevrne u rov.

11. OPREMA ZA SPAŠAVANJE PODRTINA

U opremu za spašavanje podrtina spadaju [3,16,27]:

- pontoni,
- pneumatske vreće.

Spasilački pontoni i pneumatske vreće često se koriste za vraćanje plovnosti podrtina i za stabilizaciju procesa prilikom vađenja, posebno u kombiniranim operacijama vađenja. Kao plutajući uređaji za vađenje spasilački pontoni i pneumatske vreće postavljaju se na ili u podrtinu.

Komprimirani zrak upuhuje se u pontone ili pneumatske vreće kako bi dobili plovnost. Kad se pneumatske vreće dižu kroz vodu zrak u pneumatskim vrećama se širi kako hidrostatski tlak opada. Slika 26. prikazuje pneumatsku vreću za vađenje podrtina.



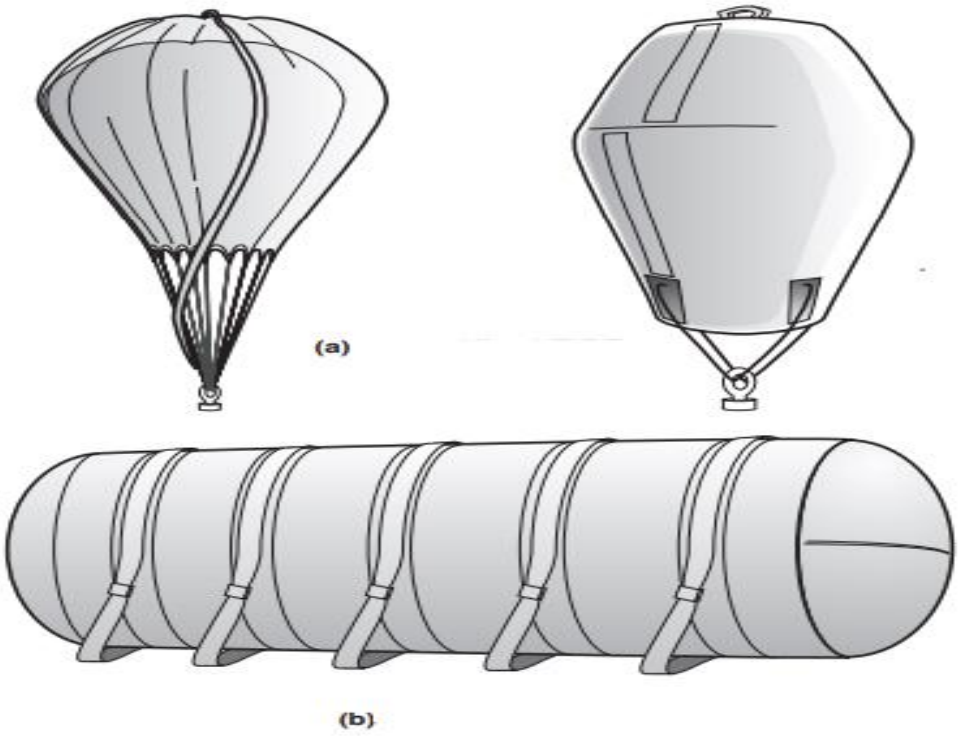
Slika 26. Pneumatska vreća [16]

11.1. PNEUMATSKE VREĆE

Pneumatske vreće se dijele na [3,27]:

- padobranske,
- potpuno zatvorene.

Na slici 27. prikazane su dvije vrste komercijalnih pneumatskih vreća za napuhavanje. Pneumatska vreća za spašavanje može podizati dijelove podrtine težine 5 do 35 t. Vreće oblika padobrana su izrađene od gumene tkanine na koju su vezane trake za dizanje. Zrak s površine ulazi u vrh vreće preko ronilačkog regulacijskog ventila. Ronilac regulira brzinu uzgona i ima veću kontrolu nego što se može postići regulacijom zraka s površine. Otvoreno dno ograničava vreću na vertikalno dizanje i eliminira potrebu za sigurnosnim ventilom.



Gdje je:

a) *vreća oblika padobrana*

b) *ponton zatvorenog tipa*

Slika 27. Pneumatske vreće [3]

Pneumatska vreća zatvorenog tipa slična je vreći oblika padobrana, osim što je vreća potpuno zatvorena i opremljena sigurnosnim ventilom. Mogu podizati teret težine 10 do 45 t.

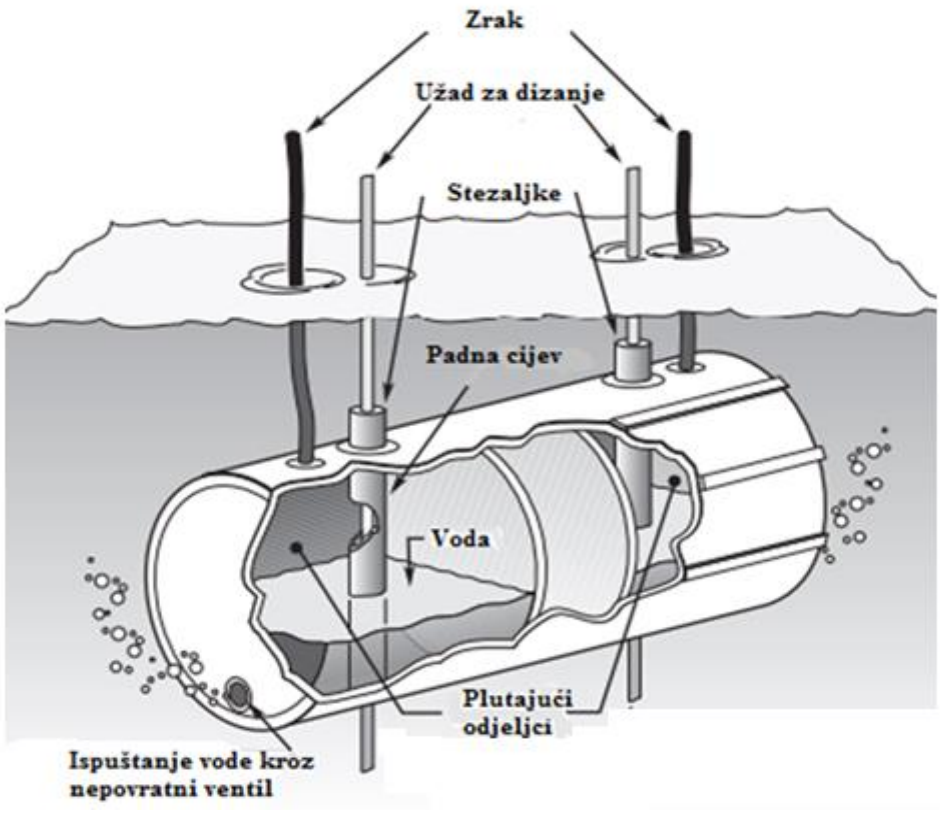
Sklop ventila ugrađen je na vrhu vreće. Promjenom tlačnog prekidača mogu se dobiti različite postavke tlaka zraka. Napuhavanje i uzgon vreće je pod kontrolom ronilaca, kao i kod vreće oblika padobrana.

11.2. PONTONI ZA SPAŠAVANJE

Pontoni za spašavanje mogu se koristiti i u dubokoj i u plitkoj vodi, kao i za vrijeme plime ili oseke. Spašavatelji obično koriste čelične pontone za spašavanje dužine 17 m i promjera 7 m, s kapacitetom dizanja 500 t po jedinici. Pontoni su čelični cilindri obloženi drvenim bokobranima. Ako pontoni nisu pravilno ventilirani postoji velika opasnost od strukturalne deformacije, ili eksplozije od prekomjernog tlaka [2]. Ponton se sastoji od tri vodootporna odjeljka koja omogućuju bolju kontrolu uzgona i balasta, slika 28. Ponton se potopa poplavljivanjem dva krajnja odjeljka, a diže se komprimiranim zrakom. Svaki odjeljak pontona ima tri različita ventila [3]:

- ventil za dobavu zraka,
- nepovratni ventil preko kojeg se puni voda, odnosno ispušta tijekom ispuhavanja,
- sigurnosni ventil koji omogućava istjecanje zraka dok se ponton diže.

Kontrole svakog odjeljka obično su obojene različitim bojama radi lakšeg prepoznavanja. Svi ventili pokreću se pomoću dohvatnih šipki. Na krajevima odjeljka nalaze se cijevi za podupiranje kroz koje se provlače lanci za dizanje. Lanci za dizanje pričvršćuju se za podrtinu, ili čine podlogu ispod podrtine.

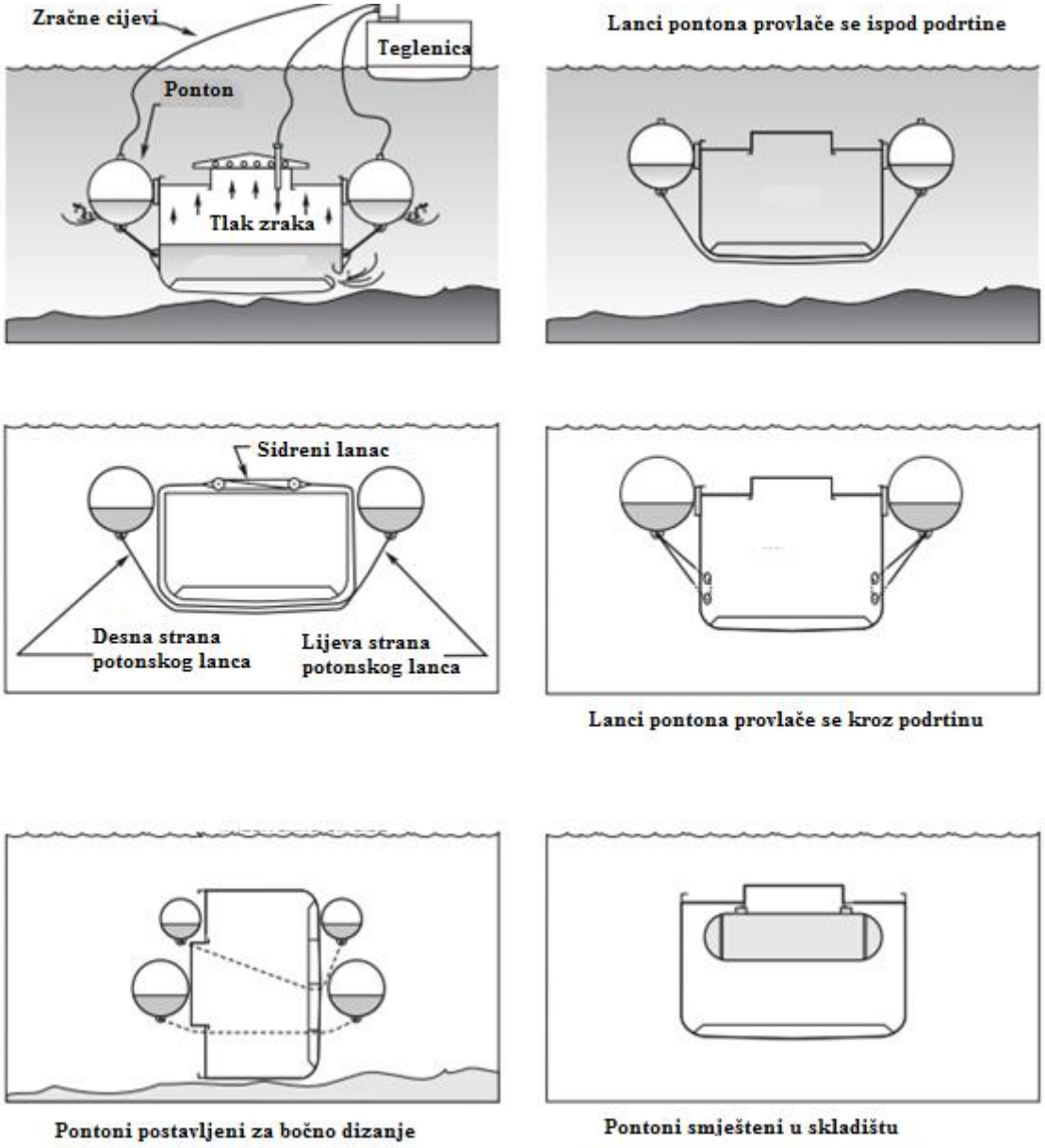


Slika 28. Ponton [3]

Postoje brojne metode i varijacije u postupcima spašavanja s pontonima. Spasilački pontoni pričvršćuju se na podrtinu [3]:

- lancima,
- žičanom užadi.

Preko posebno izrađenih zavarenih križnih ploča pontoni se montiraju na podrtinu i tako zadržavaju u zahtijevanom položaju. Zbog snage i ravnoteže dizanja pontoni su najkorisniji kada se koriste u paru. Svaki par mora biti povezan lancima ili žičanom užadi koja prolaze ispod, kroz ili su pričvršćeni za podrtinu. Slika 29. prikazuje načine postavljanja pontona na podrtinu.

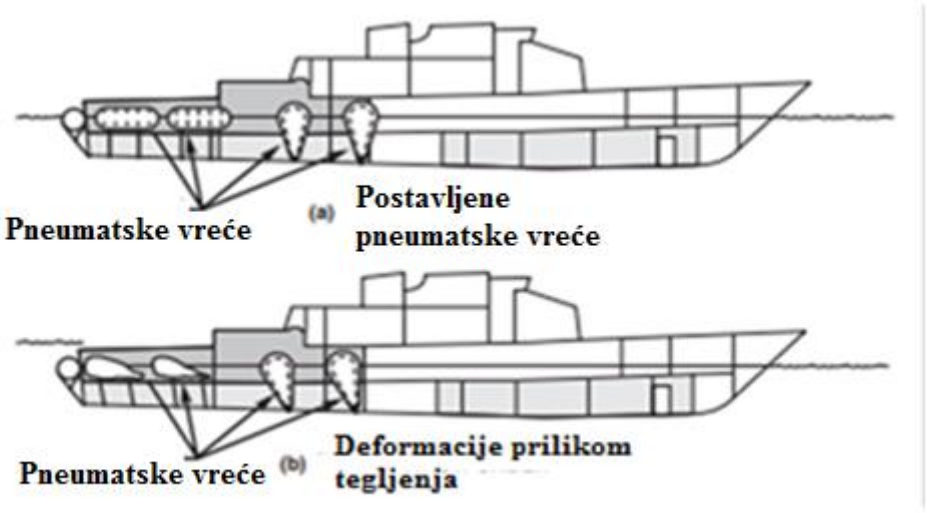


Slika 29. Načini postavljanja pontona [3]

Razvoj i dostupnost pontona i pneumatskih vreća doveli su do njihove široke uporabe u operacijama spašavanja. Da bi pontoni i pneumatske vreće bili učinkoviti i tijekom korištenja ostali neoštećeni, tj. bez zapetljanja, pukotina i proboja, moraju se poduzeti sljedeće mjere:

- prije njihovog postavljanja sav palubni prostor ili određeno područje mora biti čisto od predmeta koji mogu uzrokovati njihova oštećenja,
- ne smiju se vući preko oštrih predmeta prilikom postavljanja,
- pontoni se ne smije postavljati u potpuno zatvorene poplavljene prostore, osim kad nema drugog izbora. Razlog tome je što kad se vrši upuhivanje pontona u tim prostorima to obično rezultira oštećenjem pontona i potpunim gubitkom dizanja.

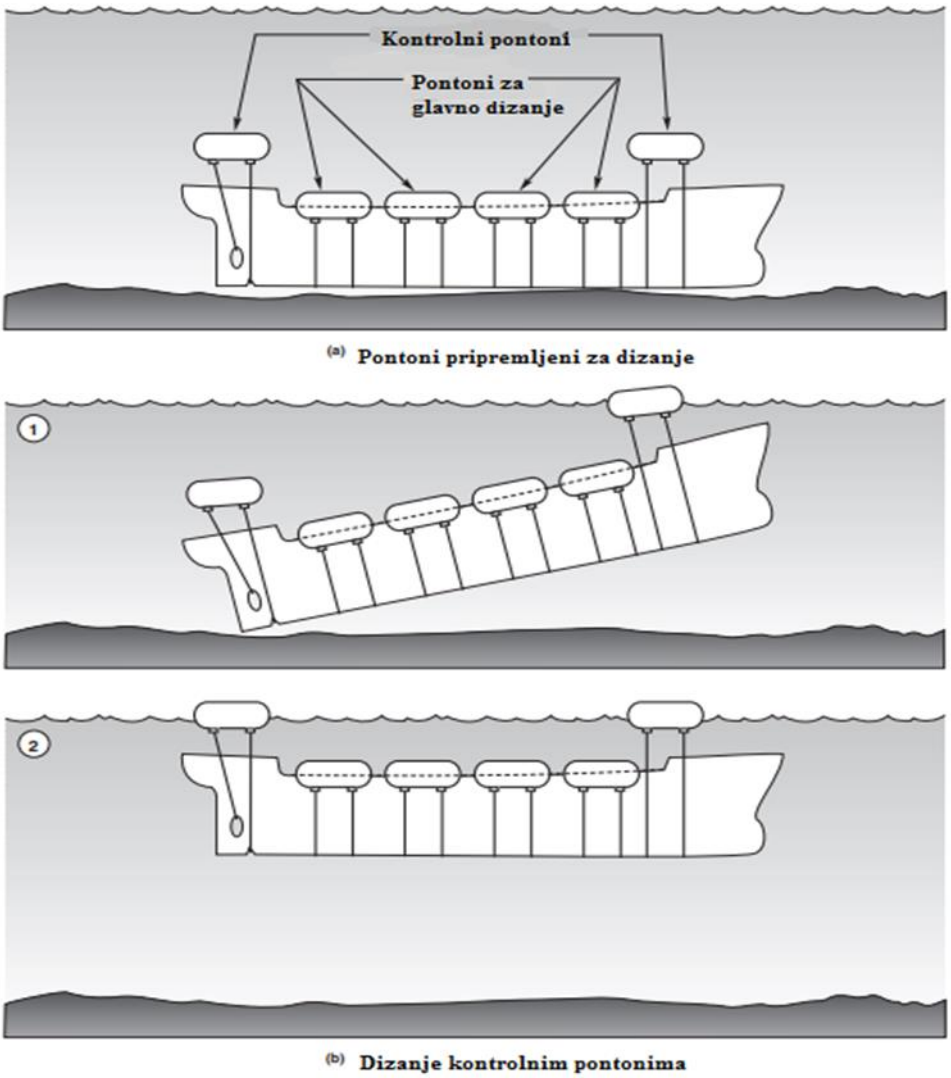
Da bi se izbjegao nagli uzgon dizanje treba biti što sporije. Prebrzo dizanje podrtine proizvodi sile koje deformiraju vreće i pontone što izaziva nestabilnost. U nekim slučajevima dolazi do ispuštanja zraka zbog čega se može izgubiti uzgon. Pneumatske vreće moraju biti pričvršćene tako da ostanu horizontalno u odnosu na podrtinu tijekom cijelog postupka vađenja. Ako odstupaju od horizontalnog položaja zrak će prelaziti samo na jednu stranu, što može uzrokovati deformaciju i gubitak uzgona, slika 30.



Slika 30. Deformacija zatvorenih pneumatskih vreća tijekom tegljenja [3]

Nakon što se potpuno učvrste vreće se moraju djelomično napuhati da bi se sve remenje moglo pravilno postaviti kako bi vreće poprimile ispravan oblik. Kad su vreće potpuno napuhane temeljito se pregledavaju da li su spremne za rad.

Podrtine se mogu se podići u 2 fazna koraka s pontonima, ili s pneumatskim vrećama na način da se njihov jedan kraj podiže i stavlja pod kontrolu, dok je drugi kraj još polegnut na morskom dnu kao što je prikazano na slici 31.



Slika 31. Pontonsko dizanje podrtina u dubokoj vodi [3]

Razlikuju se:

- glavni pontoni,
- kontrolni pontoni.

Pontoni koji su pričvršćeni uz samu podrtinu su glavni pontoni za dizanje. Oni koji su na manjoj dubini, a iznad podrtine su kontrolni pontoni.

Za uspješno podizanja podrtine ukupno dizanje svih pontona mora biti jednako ili nešto veće od njene težine.

12. TEGLJENJE PODRTINA

Tegljač je specijalan tip broda funkcija kojeg je tegljenje i spašavanje brodova i ostalih plovnih objekata na morima i rijekama, te obavljanje različnih pomoćnih poslova u lukama. Tegljači se mogu podijeliti na morske i riječne. Osnovna je karakteristika tegljača da je to jedini tip broda koji je projektiran da nosi snažan propulzivni uređaj. Tegljač je u stvari ploveći izvor energije kojemu je glavni zadatak pomaganje ostalim brodovima pri manevriranju u ograničenom prostoru, ili njihovo tegljenje do odredišta. Zbog toga veći dio raspoložive snage tegljač troši za tegljenje, a samo manji dio za vlastiti pogon. Tegljač mora imati izvrsna manevarska svojstva kako bi mogao raditi u često vrlo nepristupačnim prostorima luka i kako bi mogao na rijekama, kanalima, uskim prolazima i na uzburkanom moru upravljati tegljenim objektima, dužina i težina kojih je veća od dužine i težine samog tegljača [2,3].

Nakon što se potonuli brod digne na površinu odvlači se tegljačem u luku ili na zaštićeno mjesto, slika 32.



Slika 32. Tegljenje oštećenog broda [28]

Prije početka tegljenja pneumatske vreće ili pontoni moraju se isprazniti. Ako se brod tegli na veću udaljenost moraju se u najbližoj luci ili na drugom zaštićenom mjestu očistiti paluba i nadgrađe podignute podrtine od mulja, izbaciti sva preostala sakupljena voda, te ukloniti svi nepotrebni predmeti ili tereti čime se može znatno povećati plovnost broda. Pri tegljenju podrtine na pontonima, kroz njihove slabo zavarene dijelove i kroz oštećenja, u manjoj ili većoj mjeri, izlazi zrak. Osim toga, valovi koji zapljuskuju podrtinu mijenjaju u pontonima pritisak

zraka. Pri smanjenju gaza u pontonima se sabija zrak i kroz otvore u njih ulazi voda, zbog čega se smanjuje rezervna plovnost podrtine. Gubitak rezervne plovnosti može dostići takve razmjere da podrtina bude ponovno potopljena. Održavanje rezervne plovnosti podrtine s pontonima moguća je jedino dodavanjem zraka u dijelove pontona gdje se gubi pritisak zraka, a što se može primijetiti po zračnim mjehurima na površini. Kontrola pontona i dopuna zraka vrše se s broda kojim se diže podrtina, ili s drugog broda za spašavanje kojim se tegli po krmi podignute podrtine.

Za pregled i kontrolu pontona i učvršćivanje i prenošenje zračnih crijeva potrebno je imati jedan do dva tegljača. Ako se tegljenje vrši na većim udaljenostima moraju se imati dva tegljača, rezervna crijeva i potreban alat. Tegalj se sastoji od [3]:

- lanaca sa završnom karikom na kraju,
- braga od čeličnog užeta do 50 m dužine,
- manila-užadi, (*najlonski konopi i čelična užad*) do 50 m dužine,
- čeličnog užeta glavnog teglja do 100 m dužine i više.

Dio tegleće opreme mora se postaviti na tegleći objekt, a dio i na tegljaču za slučaj da dođe do pucanja teglja. Tegalj uvijek mora imati dovoljno progiba u vodi, kako bi se osiguralo da pri svim uvjetima ostane pod vodom i da se nikada ne stvori trzaj između tegljača i teglećeg objekta. Ako postoji mogućnost podešavanje dužine teglja, to se mora izvršiti na način da oba objekta jednako padaju u dolinu vala.

Tijekom tegljenja potrebno je paziti na sljedeće faktore [2]:

- smjer i snagu vjetra i mora u odnosu na kurs,
- nadvođe, gaz i raspored nadgrađa
- trim objekta,
- mogući nagib.

Tegliti se mogu jedan ili dva objekta, ne dopušta se istovremeno tegljenje više od tri objekta. Tegljač mora uvijek voditi računa o dubini mora u kojem plovi kako bi se izbjegla mogućnost da tegalj zapne na dno. Osim standardne palubne privezne opreme, kao što su: bitve, zjevače i kljune, tegljač ima i posebne vodilice i graničnike za užad. U visini vučne kuke na oba boka tegljača obično se nalazi po jedan čelični stup na koji se osloni uže kad se postavi bočno na tegljač. Stup sprječava da uže zapne o nadgrađe tegljača ili da povuče kuku prema njegovom pramcu. Ovakvi granični stupovi često su postavljeni i na krmi broda tegljača.

13. ZAKLJUČAK

Spašavanje je svaki postupak koji se poduzima radi pomoći osobama, brodu ili drugoj imovini koja je u opasnosti na moru ili u podmorju. Međutim svako spašavanje nije uvijek uspješno i nažalost ponekad završi s tragičnim posljedicama, odnosno potonućem broda ili drugog plovnog objekta. Kad brod ili drugi plovni objekt potone na morsko dno naziva se podrtina. Podrtina nastaje zbog pomorske nesreće kojoj su najčešće uzrok vrijeme, ratovi, ili su faktor ljudske greške. Do 21. stoljeća nije se previše marilo za podrtine i nisu bile značajno zakonski pravno regulirane. Podrtine su se uklanjale samo ako su ometale plovni put, ili ako je bilo moguće izvaditi teret koji se prevozio. Međunarodna pomorska organizacija donijela je 2007. godine Nairobi konvenciju o uklanjanju podrtina kojom su regulirana sva pitanja i prava u svezi s podrtinom, kao što su: postupci troškova lociranja, označavanja i uklanjanja podrtina. Razvojem tehnologije danas je postalo lakše locirati i izvaditi podrtinu koja ima svoja komercijalna i povijesna značenja.

U ovom diplomskom radu utvrđeno je da tijekom postupka spašavanja podrtine najvažnije je da spašavatelj izabere najprikladniju metodu, jer svako dizanje podrtine nije isto i često nije financijski isplativo. Spašavanje podrtine ovisi u o vremenu, stanju na moru, morskim strujama, strukturi morskog dna i opremi kojom spašavatelj raspolaže. Posebnu pozornost spašavatelj tijekom spašavanja podrtine mora obratiti na zaštitu ljudi koji obavljaju akciju spašavanja, kao i na zaštitu okoliša kako ne bi došlo do oštećenja morskih biocenoza. U svijetu još uvijek postoji puno podrtina koje nisu istražene, a činjenica je i da današnja oprema za njihovo lociranje i spašavanje još uvijek nije dovoljno razvijena. U budućnosti, razvojem tehnologije robotike, podrtine će se lakše locirati i spašavati, bez obzira imaju li samo komercijalnu ili povijesnu vrijednost.

LITERATURA

[1] Wernli R.L.; Christ, R.D.: *The ROV manual* a user Guide for Remotely Operated Vehicles, Walthem SAD, 2014

[2] *Pomorački radovi službe za spašavanje*, DSNO, Mornarička uprava, Beograd, 1972.

[3] U.S. Navy Volume 1. *Strandings, Harbor Clearance, And Afloat Salvage* Salvage Manual, 2013.

[4] Maletić, S.,Š.: *Primjena Daljinski Upravljanih Vozila u Pomorstvu* Završni rad , Split, 2017.

[5] Padovan Vincenca, A.; Wolf Skorupan, V.: *Koncepcijska razmatranja i kritika pravnog uređenja u Hrvatskom pomorskom pravu, Pomorskopravni institut uklanjanja podrtina*, Znanstveni članak, 2011.

[6] Matošin, Š.; Pečar, I.; Kožul, J.; Katalinić, M.; Plazibat, B.: *Mogućnost vađenja tankera Brigitta Montanari*, Projektno rješenje, Split, 1985.

[7] DEEPP PROJECT: *Development of European guidelines for Potentially Polluting shipwrecks*, Civil Protection Unit Contract n° 07.030900/2004/395842/SUB/A5, 2007

https://ec.europa.eu/echo/files/civil_protection/civil/marin/pdfdocs/deepppilotproject.pdf?fbclid=IwAR0rKR6ffN0RKY_nIN0lUP6gNAfUulN10Z_E2gPNCy3BysumyUX9YbdMd7M (pristupljeno 08.01.2020)

[8] Pomorski zakonik Glava VI. *Vađenje i uklanjanje podrtina i potonulih stvari,* (NN 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19), 2020.

[9] *International Conference on The Removal of Wrecks*, Nairobi, 2007.

https://www.skuld.com/contentassets/6b6844d3b08a4ad29e16d4e674c36ecf/wreck-removal-convention-2007.pdf (pristupljeno 10.01.2020)

[10] *International Convention on Salvage, 1989. with Final Act*, London, April, 1989.

https://www.pravo.unizg.hr/_download/repository/1989_Salvage_convention.pdf (pristupljeno 11.01.2020)

[11] Zakon o potvrđivanju Konvencije o ograničenju odgovornosti za pomorske tražbine, NN-MU 02/1992. http://zakon.poslovna.hr/public/konvencija-o-ogranicenju-odgovornosti-za-pomorske-trazbine/242170/zakoni.aspx (pristupljeno 11.01.2020)

[12] Bernzweig, D.: *Diving for shipwrecks and the equipment for finding them*,

https://www.metaldetector.com/learn/buying-guide-articles/marine-salvage-search-recovery/unrecovered-shipwrecks-and-equipment-for-locating-them?fbclid=IwAR08n5LLfgAU6votpvrJXfHEL2F3EBPr1HxzP8nh6zPedPMwI78bE3dYXrw (pristupljeno 14.01.2020)

[13] Wikiwand: plutajuća dizalica, dostupno na: https://www.wikiwand.com/hr/Plutaju%C4%87a_dizalica?fbclid=IwAR1MagwMug8pcPRhdfV5C9MTYZ3t6_RcYCgV51pbpRdawAqQgI7U8_O4bxI (pristupljeno 20.01.2020)

[14] Wikipedija: Crane vessel, dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Crane_vessel (pristupljeno 20.01.2020)

[15] Slapničar, V.: Hrvatska tehnička enciklopedija: *Brod za podmorske radove*, 2018

https://tehnika.lzmk.hr/brod-za-pomorske-radove/ (pristupljeno 01.02.2020)

[16] Wikipedija: Lifting bag, dostupno na:https://en.wikipedia.org/wiki/Lifting_bag (pristupljeno 22.01.2020)

[17] https://www.utilascubadiving.com/courses/central-america/utila-honduras/scuba-diving/padi-wreck-diver/ (pristupljeno 23.01.2020)

[18] https://www.innova.no/e/products/rov-systems-and-equipment/sub-atlantic-comanche/ (pristupljeno 23.01.2020)

[19] https://oceanservice.noaa.gov/facts/auv-rov.html (pristupljeno 24.01.2020)

[20] https://www.metaldetector.com/jw-fishers-proton-4-underwater-magnetometer (pristupljeno 26.01.2020)

[21]http://www.svseeker.com/images/Open_Source_Towed_Sonar_ROV/Towed%20Array.gif (pristupljeno 01.02.2020)

[22] https://www.nauticexpo.com/prod/smd/product-40164-539797.html (pristupljeno 01.02.2020)

[23] https://www.flickr.com/photos/dirk_jan/3965398484 (pristupljeno 01.02.2020)

[24] https://www.militaryimages.net/media/rescue-and-salvage-ship-uss-safeguard-ars-50.12419/ (pristupljeno 03.02.2020)

[25] https://bevaldia.com/underwater-cutting-solutions/?fbclid=IwAR0dYsRXey6dE-iDWZyTmZpFyLc2No3eWI2OtKeMSpPW-53impcanS3ukQo (pristupljeno 06.02.2020)

[26] https://www.thebetterindia.com/154527/isro-indian-deep-ocean-mission-facts/untitled-design-9-90/ (pristupljeno 06.02.2020)

[27] https://doowincn.com/5-most-common-marine-salvage-airbags/ (pristupljeno 08.02.2020)

[28] https://safety4sea.com/isu-weak-revenues-for-marine-salvage-industry-in-2017/ (pristupljeno 12.02.2020)

POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1. Prikaz podrtina u svijetu [7] 3
Slika 2. Ronioci istražuju podrtinu [17] 12
Slika 3. Comanche ROV [18] 13
Slika 4. Autonomna podvodna ronilica A9-M [11] 15
Slika 5. Podvodni magnetometar JW Fisher proton 4 [20] 16
Slika 6. Prikaz sonara i ROV-a [21] 17
Slika 7. Postavljanje plutača i plovaka pri dizanju podrtine [2] 18
Slika 8. Ispiranje tunela [2] 20
Slika 9. Uzgonsko dizanje [3] 24
Slika 10. Plimno dizanje [3] 26
Slika 11. Izbacivanje vode crpkama [3] 28
Slika 12. Sustav komprimiranog zraka [3] 29
Slika 13. Kombinacija crpljenja vode i upuhivanja zraka [3] 31
Slika 14. A Okvir za podizanje [22] 33
Slika 15. Plovna dizalica Veli Jože [15] 34
Slika 16. Dizanje s plovnom dizalicom [3] 36
Slika 17. Dizalica poluuronjivog tipa SSCV Thialf [23] 37
Slika 18. Spasilački brod ARS 50 [24] 38
Slika 19. Kombinirano vađenje podrtine [3] 39
Slika 20. Podvodno rezanje [26] 42
Slika 21. Rezanje lancima [3] 44
Slika 22. Grabilica kaktus [3] 45
Slika 23. Jednostruki i dvostruki probijač [3] 46
Slika 24. Prikaz uništavanja podrtine eksplozivom [3] 47
Slika 25. Postupak zakapanja podrtine [3] 48
Slika 26. Pneumatska vreća [16] 50
Slika 27. Pneumatske vreće [3] 51
Slika 28. Ponton [3] 52
Slika 29. Načini postavljanja pontona [3] 53
Slika 30. Deformacija zatvorenih pneumatskih vreća tijekom tegljenja [3] 54
Slika 31. Pontonsko dizanje podrtina u dubokoj vodi [3] 55
Slika 32. Tegljenje oštećenog broda [28] 56

POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijenti sile adhezije na različite sastave dna [6].....19

POPIS KRATICA

WRC (engl. Nairobi International Convention on the Removal of Wrecks)	Međunarodne konvencije o uklanjanju podrtina
IMO (engl. International Maritime Organization)	Međunarodna Pomorska Organizacija
BIMCO (engl. *The Baltic International Maritime Council*)	Baltičko i međunarodno pomorsko vijeće
RH	Republika Hrvatska
ISU (engl. *International Salvage Union*)	Međunarodna udruga profesionalnih spašavatelja
ROV (engl. Remotely Operated Vehicle)	ronilica s daljinskim upravljanjem
AUV (engl. Autonomus Underwater Vehicle)	autonomna podvodna ronilica
SONAR (engl. Sound Navigation And Ranging)	podvodni električni lokator
kHz	kiloherc
cm	centimetar
m	metar
kg	kilogram
t	tona