

# Metodologija spašavanja podrtine jedrenjaka "VASA"

---

**Primorac, Luka**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:265411>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-18**

*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](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**LUKA PRIMORAC**

**METODOLOGIJA SPAŠAVANJA  
PODRTINE JEDRENJAKA „VASA“**

**DIPLOMSKI RAD**

**SPLIT, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**METODOLOGIJA SPAŠAVANJA  
PODRTINE JEDRENJAKA „VASA“**

**DIPLOMSKI RAD**

**KOMENTOR:**

**Doc.dr.sc. Marko Katalinić**

**MENTOR:**

**Prof.dr.sc. Pero Vidan**

**STUDENT:**

**Luka Primorac (MB: 0171281995)**

**SPLIT, 2024.**

## SAŽETAK

Spašavanje podrtine jedrenjaka „Vasa“ bio je složen zadatak. Taj poduhvat se sastojao od niza radnji počevši od, podizanja s morskog dna, premještanja, izvlačenja, ispiranja, kemijskog tretiranja i trajnog očuvanja. Cilj rada je analiza spašavanja jedrenjaka „Vasa“ s kritičkim osvrtom na moguća poboljšanja s gledišta suvremenog spašavanja. U radu je opisana povijest broda. Istražen je utjecaj i nasljeđe uspješno provedene akcije spašavanja na moguća buduća slična spašavanja. S obzirom na provedenu analizu i istraživanja u radu može se zaključiti kako je „Vasa“ mogući pionir u akcijama spašavanja koja je dala temelje budućim izvlačenjima podrtina iz mora. Ovo relativno skupo izvlačenje podrtine je za švedsko pomorstvo bilo od velike važnosti, ali i za svjetsko pomorstvo jer se daje značaj na važnost projekta i konstrukcije broda kao i njegovog iskorištavanja te utjecaj ljudskog faktora.

**Ključne riječi:** *podrtina, jedrenjak „Vasa“, spašavanje, konzervacija, očuvanje*

## ABSTRACT

The salvage of the wreckage of the sailing ship „Vasa“ was a complex task. This endeavor consisted of a series of actions starting from raising it from the seabed, relocating, extracting, rinsing, chemically treating, and permanently preserving it. The aim of the work is to analyze the rescue of the sailing ship „Vasa“ with a critical review of possible improvements from the perspective of modern salvage. The history of the ship is described in the paper. The impact and legacy of the successfully executed salvage operation on possible future similar rescues are explored. Considering the analysis and research conducted in the paper, it can be concluded that „Vasa“ was a possible pioneer in salvage operations that laid the groundwork for future wreck extractions from the sea. This relatively expensive salvage of the wreckage was of great importance for the Swedish navy, but also for global maritime affairs, emphasizing the significance of the project and ship construction, as well as its utilization and the influence of human factors.

**Keywords:** *wreck, sailing vessel „Vasa“, salvage, conservation, preservation*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. POVIJEST I ZNAČENJE JEDRENJAKA „VASA“</b> .....	<b>2</b>
2.1. POVIJEST ŠVEDSKE I STANJE NA BALTIKU U 17. STOLJEĆU .....	2
2.2. POTREBA ZA BRODOVIMA.....	4
2.3. GRADNJA JEDRENJAKA „VASA“ .....	5
2.3.1. Konstrukcija i dizajn .....	6
2.3.2. Naoružanje i vanjski izgled.....	7
2.4. PRVO PUTOVANJE.....	9
2.4.1. Istraga i uzrok potonuća.....	11
<b>3. METODOLOGIJA SPAŠAVANJA</b> .....	<b>17</b>
3.1. PLANIRANJE SPAŠAVANJA .....	17
3.2. VRSTE OPERACIJA IZVLAČENJA BRODA .....	18
3.3. PRIPREMNI RADOVI PRIJE AKCIJE SPAŠAVANJA.....	19
3.3.1. Označavanje podrtina i tunela.....	19
3.3.2. Ispiranje tla i ispravljanje podrtina .....	20
3.3.3. Mjere sigurnosti .....	21
3.4. ODABIR METODE ZA SPAŠAVANJE PODRTINE .....	21
3.5. TUNELIRANJE.....	22
3.6. ODSTRANJIVANJE MULJA.....	25
<b>4. PROCES SPAŠAVANJA JEDRENJAKA „VASA“</b> .....	<b>28</b>
4.1. PRVI POKUŠAJ SPAŠAVANJA.....	28
4.1.1. Spašavanje topova.....	30
4.2. PONOVRNO OTKRIĆE .....	32
4.2.1. Ocjena stanja podrtine.....	34
4.2.2. Odobrenje spašavanja od strane administracije.....	35
4.3. POSTUPAK IZVLAČENJA PODRTINE .....	35
4.3.1. Završno podizanje.....	39
4.4. DALJNJA POSTUPANJA S PODRTINOM.....	41
4.4.1. Konzervacija .....	42
4.4.2. Kontinuirano propadanje .....	43
<b>5. UTJECAJ I NASLIJEĐE SPAŠAVANJA</b> .....	<b>45</b>

<b>5.1. DOPRINOS SPAŠAVANJA.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.1. Doprinos povijesti, arheologiji i brodogradnji.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.2. Doprinos u znanosti.....</b>	<b>46</b>
<b>5.1.3. Doprinos u turizmu .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1.4. Kulturni doprinos .....</b>	<b>49</b>
<b>5.2. INSPIRACIJA ZA DALJNJA ISTRAŽIVANJA I SPAŠAVANJA .....</b>	<b>50</b>
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>52</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>53</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>55</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>56</b>

## 1. UVOD

Jedrenjak „Vasa“ je švedski ratni brod izgrađen početkom 17. stoljeća. Trebao je biti jedan od najmoćnijih brodova svoga vremena, ali je završio tragičnom sudbinom. Dana 10. kolovoza 1628. potonuo je na svom prvom putovanju. Nakon manje od jedne milje plovidbe, pod naletom vjetra, nagnuo se i potonuo u stockholmskoj luci. Međutim, tu ne završava njegova priča nego se nastavlja 300-tinjak godina kasnije kada dolazi do spašavanja jedrenjaka „Vasa“. Nakon uspješnog podizanja s morskog dna slijede daljnji napori konzervacije i restauracije broskog trupa. Poduzete su sve te radnje s ciljem očuvanja jedrenjaka „Vasa“, kao kulturne baštine, za sve buduće naraštaje.

Cilj ovog diplomskog rada je proučavanje metoda u procesu spašavanja podrtine jedrenjaka „Vasa“, koji predstavlja jedno od najvećih arheoloških podvodnih nalazišta. Sustavna metodologija spašavanja omogućila je sigurno, cjelovito i efikasno izvlačenje, konzervaciju i očuvanje podrtine, čime se zadire dublje u razumijevanje pomorstva 17. stoljeća. Svrha rada je usporedba brodogradnje i spašavanja i čimbenika koji su doveli do nesreće broda, te poučeni primjerom jedrenjaka „Vasa“, ukazati preporuke i smjernice za buduće metode spašavanja i tehnike očuvanja sličnih pomorskih nalaza.

Struktura diplomskog rada se sastoji od šest poglavlja. Uz uvod i zaključak napisana su još četiri glavne cjeline rada. U uvodnom djelu se ukratko obrazlaže tema diplomskog rada s ciljem i svrhom istraživanja. Drugo poglavlje razmatra povijest i značaj jedrenjaka „Vasa“. Prikazuje povijest Švedske i stanje na Baltiku u 17. stoljeću, dajući razlog i proces gradnje broda. Opisano je i prvo putovanje jedrenjaka s kobnim ishodom. Treći dio diplomskog rada govori općenito o metodologiji spašavanja. Objašnjava važnosti plana spašavanja, različite vrste spašavanja, pripremne radnje prije svake akcije spašavanja te odabir metode spašavanja podrtina. Opisuje proces tuneliranja i odstranjivanja mulja iz podrtine. Četvrto poglavlje rada nosi naslov proces spašavanja jedrenjaka „Vasa“. U njemu se govori o prvom pokušaju spašavanja broda odmah nakon potonuća te tehnici izvlačenja topova. Opisan je proces ponovnog otkrivanja broda, proces izvlačenja te metode konzervacije. Peti dio rada odnosi se na utjecaj i nasljeđe spašavanja te pruža uvid u razne doprinose i inspiraciju za danja istraživanja i spašavanja. Završna cjelina donosi zaključke donesene s obzirom na činjenice i spoznaje iz rada.

## **2. POVIJEST I ZNAČENJE JEDRENJAKA „VASA“**

Jedrenjak „Vasa“ je jedan od pet švedskih ratnih brodova građenih početkom 17. stoljeća. Razlog širenja švedske ratne flote je jačanje švedskog utjecaja na Baltičkom moru. Kontrola mora značila je za Švedsku i kontrolu prometa i trgovine. „Vasa“ kao prinova u ratnoj floti je trebao predstavljati švedsku pomorsku i političku moć. Bio je zamišljen kao jedan od najmoćnijih i najraskošnijih brodova toga vremena, ali je nažalost doživio drugačiju sudbinu. Nakon završetka gradnje 1628. godine brod je tragično potonuo nakon samo nekoliko minuta plovidbe na svom prvom putovanju. Unatoč brojnim upozorenjima da brod nije siguran za plovidbu, brod dobiva dozvolu za isplovljenje. Na prvom putovanju uspješno se uspravlja nakon prvog naleta bočnog vjetrova, ali drugi nalet ga je prevrnuo i brod je potonuo. Akcija spašavanja jedrenjaka započela je već u 17. stoljeću, ali je zbog nedostatka znanja i tehnologije spašavanje isto i prekinuto. Brod je ležao na dnu sljedećih 300-tinjak godina dok nije ponovno pronađen. Nakon čega je uslijedila ponovna akcija spašavanja sredinom 20. stoljeća.

### **2.1. POVIJEST ŠVEDSKE I STANJE NA BALTIKU U 17. STOLJEĆU**

Tijekom 16. stoljeća Švedska je predstavljala malo, siromašno i periferno sjevernoeuropsko kraljevstvo. Bez velikog utjecaja na europsku politiku i bez perspektive rasta. Dolaskom na vlast kralja Gustava II. Adolfa (1594.–1632.) povećava se i važnost Švedske u ovom dijelu Europe. Gustav II. Adolf je bio vizionar po pitanju vojnih vještina i modernizaciji švedske vojske. Njegovu je vladavinu obilježilo tranzicijsko razdoblje Švedskog kraljevstva. Jedno od manjih kraljevstva pretvorio je u jednu od najmilitantnijih država i tako se postavio kao glavni vlastodržac europske politike. U razdoblju od 1611. do 1718. Švedska je bila utjecajna sila na Baltiku. Ključni čimbenik u ovom razdoblju europske povijesti bila je pomorska moć i prepoznavanje važnosti jake mornarice. Kontrola nad morem imala je utjecaj na ishode ratova, određivala je trgovačke putove i jačala nacionalni prestiž. [11]





**Slika 1. Švedska između 1560.-1815. [12]**

Rano 17. stoljeće u Europi bilo je razdoblje značajnih promjena i sukoba. Kontinent je bio usred Tridesetogodišnjeg rata (1618.–1648.), razornog sukoba koji je uključivao većinu velikih sila tog vremena. Ovaj rat, iako ukorijenjen u vjerskim sporovima između protestanata i katolika, također je bio borba za političku i teritorijalnu prevlast. [11]

Osim sukoba na kopnu postojali su brojni sukobi za prevlast na Baltičkom moru. Upravljanje morem davalo je državi konkurentsku, prometnu, trgovačku i političku prednost. Za prevlast na Baltičkom moru sukobe su uglavnom vodile Baltičke države. Danska koja zatvara ulaz u Baltičko more na jugozapadnoj strani imala je jaku dominaciju na početku 17. stoljeća. Rusija koja je imala obalu na istočnoj strani nije imala značajniji utjecaj na ovim područjem. Poljska je imala utjecaj s južne strane, dok je Švedska kao država u jačanju lagano povećavala svoj utjecaj. Švedska je nastojala svoju ekspanziju na kopnu nastaviti i na moru i zavladata cijelim Baltičkim morem. [2]

Zapadne sile, Engleska i Nizozemska, često su uz prisutnost ratnih brodova pokazivale važnost koju pridaju utjecaju u baltičkoj regiji. Potreba za zaštitom vlastite unosne trgovine između istočne i zapadne Europe privukla je zapadnoeuropske ratne brodove. Od važnosti je bila zaštita onoga što je u Engleskoj bilo poznato kao pomorska dobra: konoplja, katran, smola, sve što je održavalo flotu drvenih brodova, a što je u znatnoj mjeri kupljeno u baltičkim lukama. Za London i Haag, kao i donekle Pariz, zaštita opskrbe tim strateškim dobrima bila je glavni prioritet. U tu svrhu zapadne zemlje su aktivno promicale stratešku ravnotežu snaga u Baltičkom moru, gdje jedna sila nije smjela dominirati lukama i brodskim trakama. Jedan vlasnik cjelokupnog Baltičkog mora nije bio u interesu zapadnih sila, što je bila prednost za Švedsku u konkurenciji s Danskom tijekom prve polovice 17. stoljeća. [2]

## **2.2. POTREBA ZA BRODOVIMA**

Kralj Gustav II. Adolf kao vizionar ekspanzije švedskog kraljevstva uvidio je potrebu za jakom mornaricom. Do početka 17. stoljeća švedsku ratnu flotu su uglavnom predstavljali manji jednopalubni brodovi. Ti brodovi su bili dosta jeftiniji u gradnji i opremljeni s manje naoružanja tako da su bili pogodniji za patrolu nego za pomorske bitke. Maritimno su bili prikladni za baltičko okruženje i obranu, ali nedovoljno naoružanje činilo ih je neodgovarajućim za osvajanje Baltika. Dodatan udarac za švedsku mornaricu događa se 1620-ih godina. U pomorskoj bitci za Rigu 1621. godine Švedska je izgubila dva broda od kojih se jedan nasukao, a drugi potonuo. Četiri godine kasnije deset je švedskih brodova potonulo nakon oluje u zaljevu Rige. [11]

1625. godine kralj odobrava sporazum za izgradnju četiri nova ratna broda. Ti brodovi bi trebali biti isporučeni do 1629. i predstavljati perjanicu švedske ratne mornarice. „Vasa“ je bio prvi u nizu od četiri ratna broda koji su trebali biti među najtežim i najsajnijim brodovima svog vremena. Od svih „kraljevskih brodova“ „Vasa“ je trebao biti najveći. Ratno brodogradnja je trebalo osporiti dominaciju drugih pomorskih sila poput Danske i Poljske u Baltičkom moru. „Vasa“ je trebala biti simbol ove ambicije - plutajuća tvrđava koja bi projicirala švedsku moć i odvrćala protivnike. [11]

### 2.3. GRADNJA JEDRENJAKA „VASA“

Ugovor o gradnji je sklopljen s brodogradilištem Skeppsgården, švedskim ratnim brodogradilištem u Stockholmu. Upravljanje brodogradilištima u to vrijeme prepuštalo se privatnim investitorima. Godine 1625. sklopljen je ugovor s brodograditeljem Henrikom Hybertssonom i njegovim partnerom, trgovcem Arendtom de Grooteom. Obojica su bili dokazani brodograditelji iz Nizozemske, a Nizozemska brodogradnja, u to vrijeme, slovila je za najbolju brodogradnju na svijetu. Posebnim ugovorom sa švedskim kraljem, obvezali su se popravljati i održavati brodove švedske kraljevske mornarice te na gradnju novih sa inovativnim rješenjima za pomorsko ratovanje. Obvezali su se da do 1629. izgrade četiri nova ratna broda, dva veća i dva mala, među kojima je bio i „Vasa“. [19]

Zbog problema s poslovanjem brodogradilišta, gradnja brodova je usporena, a švedski kralj koji je izgubio brodove u oluji je nastojao požurnicom ubrzati izgradnju novih. Također, kralj je poslao i nove mjere broda i preinake na brodu koje su odstupale od prvotnog plana i proračuna.[13]

„Vasina“ kobilica položena je u zimu 1626. Hybertsson je praktičnu odgovornost za rad brodogradilišta, zbog zdravstvenih problema, predao svom glavnom pomoćniku Henriku Jacobssonu koji je nadgledao završetak gradnje jedrenjaka „Vasa“. U srpnju 1628. godine brod je porinut i bio je spreman za opremanje. Dotegljen je do pristaništa ispod kraljevskog dvorca gdje su ukrcana 64 nova brončana topa, dodatna oprema i zalihe za prvo putovanje.



**Slika 2. Maketa izgradnje jedrenjaka „Vasa“ u brodogradilištu „Skeppsgården“ [15]**

### **2.3.1. Konstrukcija i dizajn**

U tadašnjoj nizozemskoj brodogradnji inženjer i graditelj su bili ista osoba. U 17. stoljeću glavni brodograditelj bio je zadužen za konstrukciju i za planiranje, a brodski stolari su radili neposredno po njegovim uputama. Budući da nije bilo projektnog inženjera i izvođača kao dvije nezavisne osobe uključene u projekt, nije bilo ni međusobnog nadzora ni kontrole, a samim time se povećala mogućnost pogreške. Brod nije projektiran kroz nacрте na papiru, već se oblikovao za vrijeme gradnje uz pomoć posebnih modela, malenih maketa trupa broda koje su majstori brodogradnje držali u svojim radionama. Mjere su se prenosile sa modela na brod u izgradnji množenjem brodskih veličina prema zadanom mjerilu. Ovakav način gradnje isključivao je proračune za osnivanje broda i konstrukciju broda kakve koristimo danas. Brodograditelji u 17. stoljeću su bili improvizatori dizajna broda za vrijeme procesa gradnje. Brodovi su projektirani i građeni na temelju praktičnih pravila, iskustva i prosudbe te metodom pokušaja i pogreške. Od brodograditelja se neprestance očekivalo prilagođavanje dizajna brodova u skladu s zahtjevima naručitelja i raspoloživosti resursa za gradnju. [12]

Budući da ne postoje pisani planovi izgradnje broda „Vasa“, proces shvaćanja projektiranja i gradnje se temeljio isključivo iz dotadašnjih iskustava brodograditelja i pomoraca. Projektiran je i izgrađen prema sjeverno-nizozemskoj metodi brodogradnje. „Vasa“ je trebao predstavljati najveći i najmoćniji brod toga vremena. On predstavlja jedan od najranijih, i za to vrijeme revolucionarnijih primjera ratnog broda s dvije palube za smještaj topova. Međutim, izgrađen je u doba kada su teoretski zakoni brodogradnje bili još nepoznati. Dvije palube predstavljale su preveliki kompromis između plovidbene sposobnosti broda i vatrene moći, u usporedbi s brodom s jednom palubom. Ovu pogrešku nije bilo moguće popraviti samo dodavanjem dodatnog balasta u raspoloživi balastni prostor, već je zahtijevala cjeloviti redizajn. Sigurnosne norme su u to vrijeme također bile daleko ispod prihvatljivih normi koje su danas na snazi. Ratni brodovi iz 17. stoljeća građeni su namjerno s visokim nadgrađem (da bi se koristili kao platforme za paljbu), a to je „Vasu“ činilo nestabilnim za plovidbu. [7]

### **2.3.2. Naoružanje i vanjski izgled**

„Vasa“ je izgrađen u razdoblju promjena taktika pomorskog ratovanja. Trebao je biti pionir u napuštanju načina ratovanja ukrcajem na tuđi brod i borbom prsa o prsa i primijeniti novi način ratovanja kroz nadmoćniju vatrenu topovsku snagu. „Vasa“ je bio opremljen jakim topovima i s visokom krmom i krmnim kaštelom, koji su bili platforma za 300 vojnika spremnih za bitku. Iako nije bio najveći brod tog vremena niti brod s najvećim brojem topova iz tog vremena bio je poseban zbog broja hitaca kalibra topova koji su mogli ispaliti 267 kg topovskih kugli po bočnoj strani broda. „Vasa“ je bio brod s najvećom vatrenom moći s najvećom koncentracijom topništva na jednom ratnom brodu u svojem vremenu. Međutim, ovakva vatrena moć je smještena na brod koji je relativno malen da bi mogao podnijeti ovakvu masu bez da mu se naruši stabilitet. Usporedbe radi, „USS Constitution“, poznati ratni brod iz Napoleonova doba izgrađen 169 godina nakon jedrenjaka „Vasa“, imao je približno sličnu vatrenu moć, ali je bio za 700 tona teži. [13]

Pomorsko topništvo 17. stoljeća bilo je tek u začetku. Izrada oružja bila je vrlo skupa, a životni vijek oružja bio je puno veći nego bilo kojeg ratnog broda. Oružje je imalo vijek trajanja gotovo od jednog stoljeća dok bi se ratni brodovi u prosijeku koristili 15 do 20 godina. Stoga brodovi nisu imali oružje konstruirano po svojim mjerama, nego bi se opremali iz oružarnice za svaku plovidbu. Uz to, brodovi su bili često opremljeni topovima različite veličine i starosti. [19]

Posebnost jedrenjaka „Vasa“ u odnosu na ostale ratne brodove je vlastito naoružanje izgrađeno posebno za njega. Poseban novi i standardizirani lagani dizajn 46 glavnih topova omogućilo je da „Vasa“ ima nedostižnu vatrenu moć. Naoružanje „Vasa“ sastojalo se od 46 glavnih 24-funtnih (10,89kg) topova novijeg dizajna, dva dodatna 24-funtna (10,89kg) topa starijeg dizajna na pramcu, osam 3-funtnih (1,25kg) topova, šest haubica za obranu u slučaju ukrcaja neprijatelja te dva Falconet topa<sup>1</sup>. Na brodu se također moglo ukrcati 894 kg baruta i različite vrste sačme za oružje. [19]



**Slika 3. Top jedrenjaka „Vasa“ izložen u muzeju [19]**

„Vasa“ su krasile skulpture, tzv. pulene koje su veličale moć, mudrost i ratničko postignuće kralja, ali i ismijavale i zastrašivale neprijatelje. Skulpture su pridonosile dodatnim troškovima izgradnje broda, ali i dodatnoj težini na brodu, čime su često i utjecale na stabilnost i upravljivost broda. Za izradu skulptura se koristila hrastovina, bor ili lipa. Manje skulpture su se rezbarile u jednom komadu dok su se veće skulpture sastojale od više manjih pojedinačno izrezbarenih dijelova spojenih s vijcima. Na brodu se nalazilo oko 500 skulptura uglavnom postavljenih na visokoj krmu ili na glavnom kljunu broda. [19]

---

<sup>1</sup> Falconet top je vrsta laganog topa iz 15. stoljeća





**Slika 4. Ukrašena krma broda [14]**

#### **2.4. PRVO PUTOVANJE**

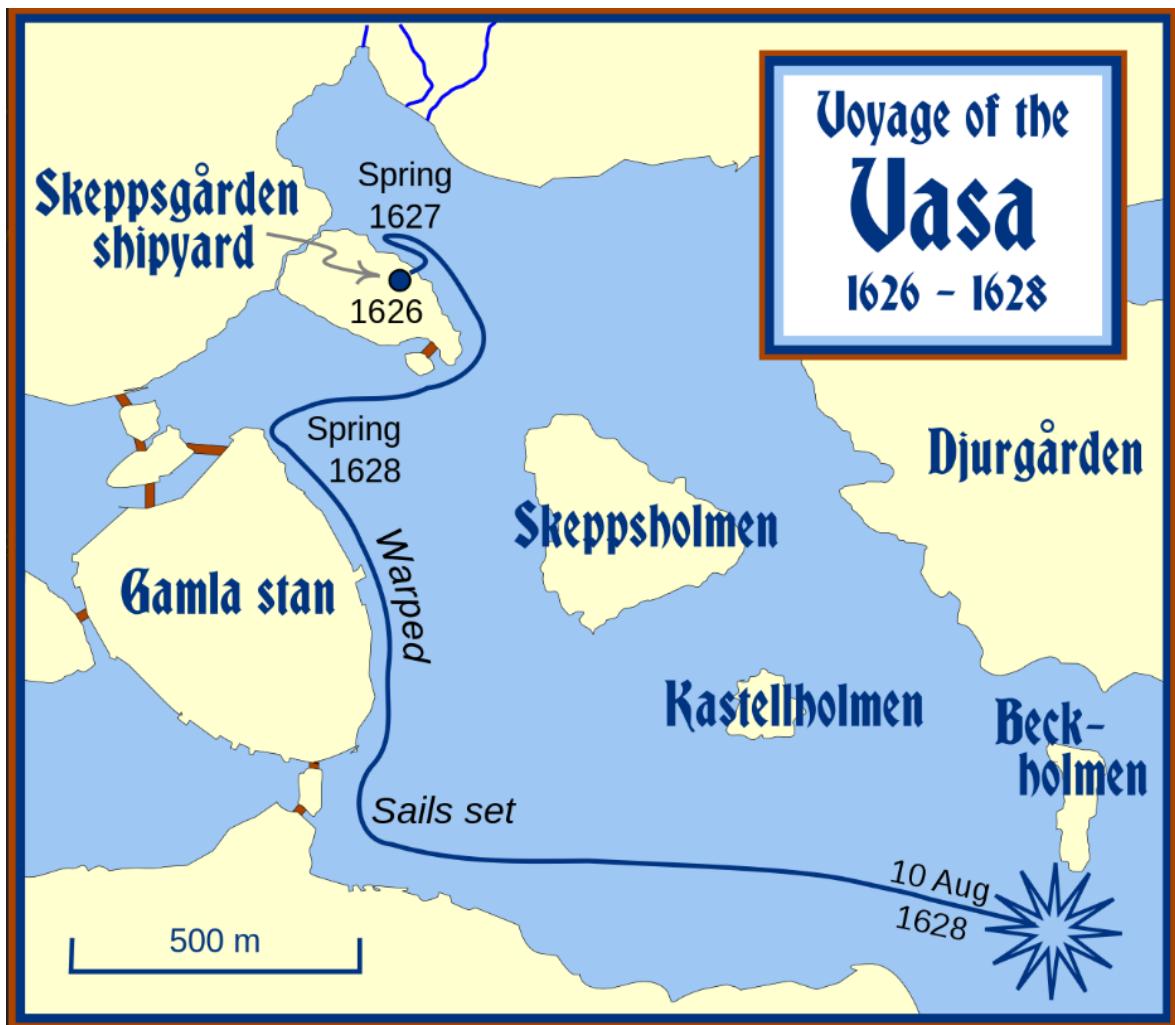
„Vasa“ je bio spreman za porinuće početkom kolovoza 1628. godine. Brod je napustio brodogradilište Skeppsgården i dotegljen je ispred kraljevske palače na završno opremanje. Putovanje je počelo u nedjelju popodne 10. kolovoza 1628. Bio je to veliki događaj u Stockholmu. S obzirom na to da se radilo o prvom putovanju na brodu je uz 133 članova posade bilo još 70-ak članova obitelji posade koji su imali dopuštenje boravka na brodu. Vrijeme je bilo ugodno, a brod spreman tako da je prvo putovanje moglo započeti. [3]

Između tri i četiri sata popodne zapovjednik Sofring Hansson izdao je zapovijed za polazak. „Vasa“ su otegili i započelo je njegovo prvo putovanje. Uz lagani jugozapadni vjetar, po mirnom i lijepom vremenu, „Vasa“ je dotegljen uz južnu obalu Stockholmske luke. Brod je ispalio dva tradicionalna hitca da pozdravi sve nazočne. Oprema na brodu bila je osigurana i pričvršćena. Bila su podignuta četiri od ukupno deset jedara, ali vjetar

nije bio dovoljan za poriv broda i brod je plutao nošen morskim strujama. Sa samo četiri podignuta jedra i uz slab vjetar brod se sporo kretao bez mogućnosti upravljanja. Pojačanjem vjetra brod se nagnuo i ponovno uspravio, te nastavio lagano ploviti uz južnu obalu. Zapovjednik je naredio da svi stanu na svoja radna mjesta i da se jedra dodatno opuste. Kod drugog naleta vjetra brod se nagnuo na lijevi bok i more je počela ulaziti kroz otvore za topove na donjoj palubi. Naglo prodiranje mora je napravilo utjecaj slobodnih površina; umanjilo ukupnu poprečnu stabilnost broda. Ljudi su se počeli bacati u more, a neki su ostali zarobljeni na donjoj palubi. U samo nekoliko minuta brod se prevrnuo i potonuo na morsko dno na dubinu od 32 metra svega 120 metara od obale. [5]

Preživjeli su se hvatali za komade broda kako bi se spasili, a mnogi su spašeni od strane manjih brodova koji su pratili jedrenjaka „Vasa“. No unatoč naporima spašavanja i relativno maloj udaljenosti od kopna procjenjuje se da je poginulo između 30 i 50 ljudi. Zapovjednik Söfring Hansson se uspio spasiti. Nažalost njegov zamjenik, zapovjednik Hans Jönsson, izgubio je život. Zastava i vrh glavnog jedra i vrh pramčanog jedra je jedino što je virilo iz mora, nagnuti na lijevu stranu zbog narušenog stabiliteta broda. „Vasa“ je potonuo pred očima tisuće ljudi uglavnom Šveđana koji su došli svjedočiti isplovljenju ponosa ratne mornarice. U velikom broju okupljenih također bili su i strani veleposlanici, te strani špijuni neprijateljskih država. [13]

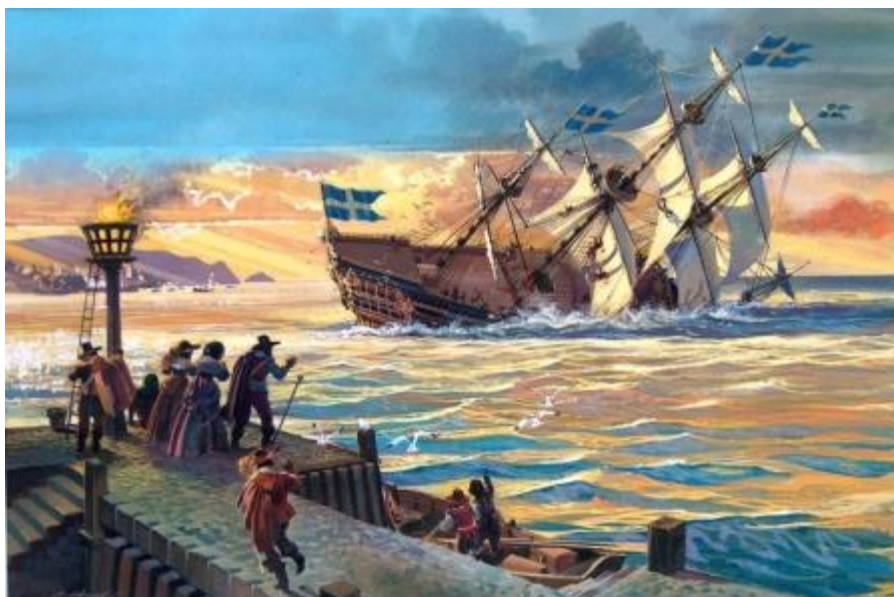




Slika 5. Putovanje jedrenjaka „Vasa“ od 1626. do 1628. [14]

#### 2.4.1. Istraga i uzrok potonuća

Nakon potonuća ratnog broda „Vasa“ započela je istraga da bi se utvrdilo zbog čega je došlo do potonuća. Umjesto svjedočenja porinuća najmoćnijeg broda svoga vremena, prisutni su svjedočili jednoj od najvećih katastrofa u povijesti švedske ratne mornarice.

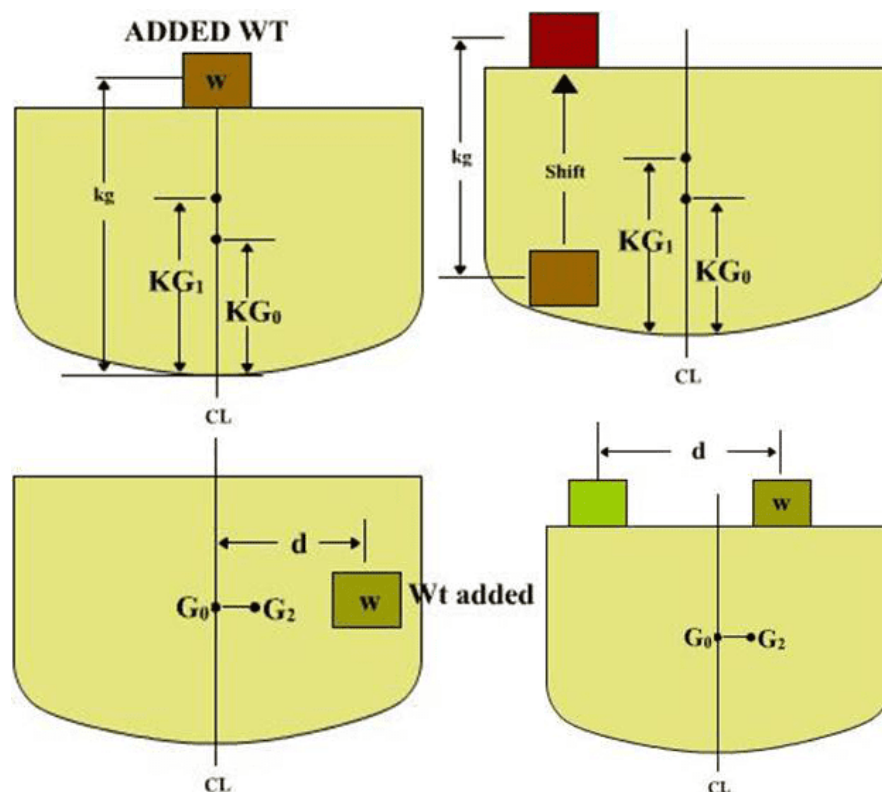


**Slika 6. Potonuće jedrenjaka „Vasa“ [18]**

Kralj je osnovao istražno povjerenstvo s ciljem da se nađe uzrok potonuća „Vasa“. Ispitani su svi preživjeli članovi posade i brodograditelji. Zapovjednik broda je tvrdio da je sva oprema bila dobro pričvršćena i da je posada bila trijezna. Ispitani članovi posade svjedočili su o rukovanju broda za vrijeme plovidbe, posebice o pripravnosti broda za jedrenje, učvršćenosti topova, balastu i mogućem alkoholu na brodu. Istraga nije dala dovoljno dokaza da se pronađe krivac. Stvorile su se dvije skupine, posade i brodograditelja i svaka je pokušala okriviti onu drugu. Tijekom istrage došlo je do spoznaje o problemu sa stabilnošću broda i neuspješno provedenom testu stabilnosti. [19]

Fokus istrage je bio na konstrukciji i brodogradnji. Posebno je zanimljiva bila širina broda bez dovoljno momenta stabilnosti koji je trebao vratiti brod u uspravan položaj. Jacobsson je tvrdio da je izgradio brod prema uputama Henrika Hybertssona, odavno mrtvog brodograditelja, koji je striktno poštovao kraljeve upute. Jacobsson je i dodatno proširio brod za 42 cm nakon što je preuzeo konstrukciju, ali je gradnja broda već bila odmakla i bilo je nemoguće drastičnije mijenjati dimenzije broda, naročito širinu. Kralj Gustav II. Adolf odobrio je osobno sva mjerenja i naoružanje broda, te je brod konstruiran i izgrađen prema njegovim uputama i opremljen većim brojem topova prema njegovom zahtjevu. Kako istraga nije pronašla krivca, potonuće je prepisano Božjoj volji. Gubitak broda je imao značajan utjecaj na švedsku ekonomiju tog vremena. [13]

U 17. stoljeću, projektiranje brodova ograničavalo se na iskustvo brodograditelja, budući da znanstvene teorije o dizajnu ili stabilnosti plovila još nisu bile razvijene. Stoga su i ključni čimbenici poput težište broda procjenjivani isključivo na temelju iskustva brodograditelja. Trup broda „Vasa“ bio je konstruiran s tri palube i donjim odjeljkom za balast, koji je bio ispunjen velikim, gusto zbijenim kamenjem. Unatoč tome što je „Vasa“ nosio 120 tona balasta, to nije bilo dovoljno da se uravnoteži težina iznad vodene linije. Uobičajena praksa tog doba bila je postavljanje teških topova na donjoj palubi topova za poboljšanje stabilnosti broda odnosno postizanju veće metacentarske visine. Planovi za raspored topova mijenjani su više puta tijekom izgradnje, prvotni plan bio je postaviti 24-funtne (težina jednog topova oko 2500 kg) topove na donju palubu, s lakšim 12-funtnim (težina jednog topa oko 1500 kg) topovima na gornju palubu. Otvor za topove na gornjoj palubi je i bio dimenzioniran za topove težine 12-funti, no na kraju je brod opremljen težim topovima od 24-funte na obje palube, što je doprinijelo narušavanju stabilnosti. Postavljanjem težih topova na gornju palubu uzrokovalo je podizanje točke težišta broda čime se smanjuje moment ispravljanja broda (slika7). [19]



Slika 7. Ilustracija koja prikazuje kako točka težišta prati pomak težina na brodu

[23]

Ratni brodovi tog vremena, zbog obilnog naoružanja često su bili izrazito nestabilni. Glavni razlog ležao je u visokim krmenim kaštelima, koje su služili kao platforme za vojnike za vrijeme pomorske bitke. Osim toga, „Vasa“ je imao dodatnih problema s gornjim dijelom trupa, koji je bio izrađen od debelih teških dasaka, čime se dodatno opteretila njezina stabilnosti i smanjila metacentarska visina. Moguće je da ovaj nedostatak proizlazio iz neiskustva s dvopalubnim brodovima ili iz potencijalne namjere da se ojača gornja paluba u slučaju postavljanja dodatnog naoružanja. Oblik trupa nije bio problematičan, budući da je bio u skladu s tadašnjim standardima. Kasnije izvedbe sličnih brodova, poput engleskih ratnih brodova slične vatrene moći koji su se gradili nakon „Vasa“, preferirali su raspored najtežih topova na donjim palubama, dok su lakši bili postavljeni na gornje palube. Ovaj pristup bio je bolji za stabilnost i moment ispravljanja broda. [23]

Iako je brod „Vasa“ već pokazivao znakove nestabilnosti dok je bio privezan u luci, u to vrijeme nije postojala poznata metoda za mjerenje stabilnosti, težišta ili izmjera kojom brod postaje indiferentan ili labilan. Većina zapovjednika jednostavno je koristila heurističke metode kako bi bolje razumjela operativne značajke. Admiral Fleming i zapovjednik Hannson proveli su test nagiba s 30 ljudi koji su trčali od jednog boka broda do drugog boka. Nakon tri nagiba, test je zaustavljen jer se brod previše ljuljao i naginjao da se strahovalo da će se prevrnuti. Međutim, nitko nije imao ideje kako smanjiti kut nagiba i poboljšati stabilnost broda. Iako bi dodatna težina ispod podnica bila jedna od učinkovitijih opcija, ispod podnica nije bilo više prostora jer je balast od 120 tona već bio nakrcan, a dodatni balast bi povećao gaz broda te bi otvore za topove na donjoj palubi dodatno približio vodenoj površini. [23]



**Slika 8. Model potonuća „Vase“ [19]**

Zapovjednik Söfring Hansson započeo je plovidbu novim brodom koji je imao otvore za topove kojima su vratnica bila otvorene, što je bilo pogrešno. Uobičajeno je bilo da novi brod prvo isplovi sa zatvorenim otvorima za topove kako bi zapovjednik i posada mogli procijeniti njegovo ponašanje, s obzirom na to da su se svi brodovi izgrađeni u 17. stoljeću ponašali zasebno. Ovakva odluka možda je bila uzrok što su otvori za topove počeli hvatati vodu kada su se spustili ispod vodene linije zbog nagiba broda, a što je uzrokovalo gubitak uspravnosti broda i prevrtanje. Planirano je da „Vasa“ krene prema Älvsnabbenu, pomorskoj postaji u vanjskom arhipelagu, kako bi preuzela zalihe i ljudstvo, što bi moglo biti dodatna težina na brodu i pridonijeti stabilnosti, međutim brod nije uspio doći do sljedeće luke. [13]

Povjerenstvo za istragu je utvrdilo da je „Vasa“ potonuo radi manjka stabilnosti. Težište broda bilo je previsoko te nije mogao dobiti odgovarajući moment uspravljanja prilikom naginjanja. Problem je nastao već prilikom konstrukcije broda jer je projektiran s malim podvodnim dijelom broda u odnosu na nadgrađe. Također bio je preuzak za projektiranu dužinu broda. Kada je brod dovršen već je bilo kasno za neke veće konstrukcijske preinake i bilo je vidljivo da je brod nestabilan. [23]

Zašto je dozvoljeno tako nestabilnom brodu da isplovi iz luke nikad nije razriješeno. Brojni su čimbenici koji su pridonijeli potonuću broda „Vasa“, ali četiri glavna mogu se podijeliti na:

1. Vremenski pritisak na završetak gradnje i utjecaj zahtjeva kralja,
2. Mijenjanje specifikacija tijekom same gradnje,
3. Inovacije koje su napravljene bez prethodnog izračuna ili pokusa, te
4. Nedostatak poznavanja određivanja stabilnosti. [23]



### **3. METODOLOGIJA SPAŠAVANJA**

Metodologija spašavanja omogućava odabir najboljeg načina provođenja akcije spašavanja, temeljenog na iskustvu i istraživanju, te uporabu odgovarajućih alata i sredstava prilikom spašavanja. S njom se odabire najpouzdanija i najefikasnija tehnika spašavanja. Spašavanje se može definirati kao svaki čin poduzet radi pomoći osobama, brodu ili bilo kojoj drugoj imovini koja je u opasnosti na moru ili pod morem. Cilj spašavanja brodova je očuvanje imovine i okoliša. [10] Pomorski zakonik obvezuje spašavanje, odnosno uklanjanje svih podrtina koje predstavljaju opasnost za okoliš i sigurnost plovidbe. Za spašavanje i uklanjanje podrtine potrebno je uskladiti interese vlasnika podrtine i obalne države na čijem se području nalazi podrtina. Prema Pomorskom zakoniku, odredbe o spašavanju se ne odnose na plutajuće ili nepomične odobalne objekte kada se takvi objekti nalaze na svojem odredištu, zaposlene u istraživanju, korištenju ili proizvodnji podmorskih mineralnih bogatstava. [6] Spašavanje je svaka akcija poduzeta radi otklanjanja opasnosti koja prijeti osobama ili stvarima na moru. [10]

#### **3.1. PLANIRANJE SPAŠAVANJA**

Prije poduzimanja bilo kakvih mjera za spašavanje potrebno je sastaviti odgovarajući plan spašavanja. Plan spašavanja obuhvaća sve radnje koje treba obaviti, tehnike spašavanja koje treba primijeniti i uskladiti ih s dostupnim resursima. U njemu se utvrđuje odgovornost svakog pojedinca i organizacije te navodi sredstva koordinacije svih napora spašavanja kako bi se zadovoljili ciljani vremenski rokovi. Sastavljanje plana spašavanja počinje kada se dobiju prve informacije o incidentu te se redovito ažurira za vrijeme cijele operacije spašavanja. [21]

U planiranju spašavanja podrtine jedrenjaka „Vasa“ odlučeno je da će se akcija spašavanja provesti u više faza. Prikupljeno je što više informacija o podrtini radi dobivanja cjelovitog projekta spašavanja. Prvo je planiran podvodni pregled podrtine da se utvrdi opće stanje trupa. Nakon utvrđivanja stanja trupa planirane su tehnike i metode koje će se koristiti prilikom spašavanja, te dostupnost resursa. Planiranje je uključivalo i angažman različitih stručnjaka za dobivanje različitih mišljenja vezano o planu spašavanja. Koordinacija svih uključenih strana te provedba svih koraka planiranja ključna je za maksimiziranje uspješnosti akcije spašavanja. [21]

Plan spašavanja je napravljen s ciljem olakšane komunikacije koordinatora za spašavanje i dežurnih osoba, odnosno posade za spašavanje. Za vrijeme akcije spašavanja, koordinador spašavanja može očekivati pristizanje novih ažurnijih informacija ako je došlo do novih saznanja o spašavanju. Plan spašavanja mora jasno dati informacije koordinadoru spašavanja o svim metodama i tehnikama koje će se upotrebljavati prilikom spašavanja. Plan bi trebao uključivati:

1. informacije prikupljene iz unutarnjih i podvodnih istraživanja
2. inženjerske izračune reakcije tla, sile podizanja, stabilnosti, čvrstoće i hidrografskih podataka
3. radnje za sprječavanju onečišćenja
4. rezultate, preporuke i akcije iz sigurnosnog pregleda
5. priloge. [21]

Detaljni planovi priloga trebali bi uključivati:

1. obnavljanje vodonepropusnosti trupa
2. popravak oštećenja
3. ispumpavanje vode pomoću pumpi, komprimiranog zraka i gravitacijskih metoda
4. smanjenje reakcije tla
5. postavljanje sustava vučenja
6. redoslijed vučenja
7. ruta izvlačenja. [21]

### **3.2. VRSTE OPERACIJA IZVLAČENJA BRODA**

Stanje potopljenog plovila ovisit će o kutu naslanjanja i lokaciji potapanja. Ako je plovilo potonulo na mjesto gdje je veći stupanj ispiranja i nakupljanja taloga plovilo će brže propadati, međutim ako se radi o zaštićenijim vodama potopljeno plovilo može provesti duži niz godina bez značajnijih promjena. Spašavanje potopljenih plovila može započeti i prije vraćanja plovnosti. Prilikom dizanja s dna, preostala voda u trupu može



uzrokovati opasnost slobodnih površina, narušiti stabilnost, nagib ili čak i čvrstoću plovila. Spašavanje potopljenog broda sastoji se od vraćanja plovnosti, uspravnosti i stabilnosti.

Temeljne opasnosti i karakteristike svakog pojedinog incidenta će odrediti tehniku i opremu korištenu u operaciji spašavanja. Koordinator spašavanja također odabire alate i metodologiju korištenu u spašavanju s ciljem kontrole čitave situacije. Prilikom odabira metodologije i alata spašavanja treba koristiti različite pristupe kako bi se odabrala optimalna metodologija. [1]

### **3.3. PRIPREMNI RADOVI PRIJE AKCIJE SPAŠAVANJA**

Prije provođenja akcije vađenja podrtine postoji niz pripremnih radnji koje se treba provesti. Pripreme radnje obuhvaćaju:

1. označavanje podrtine
2. označavanje tunela ispod podrtine
3. ispiranje morskog tla ispod podrtine
4. ispravljanje podrtine koja leži na morskom dnu
5. mjere sigurnosti. [4]

#### **3.3.1. Označavanje podrtina i tunela**

Označavanje podrtine je važno za poznavanje točne lokacije podrtine. Podrtina se može označiti plutačom za podmorske radove prema Međunarodnom signalnom kodeksu (engl. *International Code of Signals* – INTERCO) zastavom „A“, oznakom područja rada ili sigurnosnim užetom. Postavljanje oznaka i njihov raspored ovisit će o vremenskim prilikama mjesta gdje se izvode radovi vađenja. Osim označavanja bitan je i pregled podrtine. Pregled se vrši sustavnim pravilima od strane ronioca i podrazumijeva: mjerenje dužine, širine, visine boka te koliko je podrtina ukopana u dno. [4]

Označavanje tunela je vrlo bitan zadatak i zahtjeva veliku preciznost. Na označenim mjestima prokopat će se tunel za postavljanje čelik čela ili lanaca za podizanje. Ako tuneli nisu pravilno postavljeni podrtina će biti podignuta s nagibom. Taj nagib predstavlja problem za ispumpavanje vode iz trupa i postavljanje podrtine kasnije na ravnu

kobilicu. Označavanje tunela se vrši zavezanim čvorovima užeta ili nekom drugom oznakom s pripadajućim brojem točno na poziciji budućeg tunela. [4]

### **3.3.2. Ispiranje tla i ispravljanje podrtina**

Prilikom vađenja podrtine s morskog dna često je potrebno odstraniti nakupine morskog sedimenta koji su se nakupili na podrtini. Morski sediment predstavlja dodatnu težinu na podrtini, može zahtijevati veću snagu izvlačenja, ali i značajno utjecati na konstrukciju same podrtine odnosno na njeno oštećivanje. Odstranjivanje sedimenata se ponajprije primjenjuje radi olakšavanja ispravljanja podrtine ili radi kopanja tunela ispod podrtine. Za odstranjivanje tla uglavnom se koriste kopači, jaružala ili crpke za ispiranje. Poslove ispiranja obavljaju ronionici koristeći razna sredstva za ispiranje. Za vrijeme ispiranja vrlo je važno da se prate dimenzije tunela i tempo rada kako bi se uvjeralo da ispiranje ide prema planu. Koriste se razna prijenosna sredstva za ispiranje kao što su vodene i zračne crpke, ejektor i crpke za zemlju. Oni najčešće služe za ispiranje dijelova podrtina, za ispiranje tunela ili čišćenja mulja iz unutrašnjosti podrtine. [4]

Podrtine koje se nalaze na većoj dubini, nagnuta u odnosu na morsko dno, prvo se uspravlja na samom dnu, prije nego što se izvuče na površinu. U tom procesu često se koriste pontoni, plovne dizalice ili čak komprimirani zrak. Konopi za uspravljanje postavljaju se duž čvrstih dijelova trupa podrtine kao što su paluba nadgrađa, palubni otvori ili brodski prozori. Podrtina koja leži s kobilicom prema gore obično se podiže na površinu uz pomoć komprimiranog zraka koji se ubrizgava u njezin trup. Ponekad se uz podrtinu pričvrsti nekoliko pontona kako bi se osigurala potrebna stabilnost prilikom izrona s palubom prema dolje. Nakon podizanja, podrtina se povlači do plićeg mjesta gdje se ispravlja i vraća u normalan položaj. Podrtina koja leži s kobilicom prema gore može se lako prevrnuti na bok. Prvo se olakšava ubrizgavanjem komprimiranog zraka u njezin trup, a zatim se uz jedan od bokova pričvršćuju pontoni koji će je okrenuti na bok. Ispravljanje veće podrtine s boka u normalan položaj često zahtijeva veliki napor i pažnju. Prije početka ispravljanja položaja podrtine, spašavatelji moraju izračunati potrebne sile za tu operaciju. [4]

### 3.3.3. Mjere sigurnosti

Operacija spašavanja podrtine može biti vrlo rizičan posao stoga se treba pridržavati određenih mjera sigurnosti. Za prevenciju i smanjenje nezgoda za vrijeme akcije spašavanja podrtine predlažu se sljedeće mjere sigurnosti:

- podizanje teških tereta treba obavljati pod nadzorom i odgovornošću iskusnog koordinatora spašavanja,
  - ispitati sigurnost i čvrstoću konopa za podizanje teških tereta ili kompletnih podrtina,
  - prilikom akcije podizanja treba se omogućiti komunikacija između tima pod vodom i tima na površini, naročito komunikacija ronioca kod podrtine i rukovoditelja dizalice za izvlačenje, bilo direktno ili indirektno,
  - odstraniti što je više moguće mulja iz podrtine prije akcije podizanja,
  - svi akteri podizanja podrtine ili tereta moraju biti upoznati s karakterom i težinom objekta koji se podiže te načinom vezivanja,
  - proces vezivanja može započeti tek kada se roniodi uvjere da je objekt čvrsto na mjestu,
  - izričito se zabranjuje podizanje ronioda s objektom podizanja,
  - upute između timova trebaju biti prenesene jasno i brzo,
  - treba se izbjegavati natezanje konopa za podizanje bez adekvatnih uputa ronioda.
- [4]

### 3.4. ODABIR METODE ZA SPAŠAVANJE PODRTINE

Za odabir odgovarajuće metode za spašavanje potrebno je znati stupanj oštećenosti i položaj podrtine. Ako oštećenje nije preveliko i ide se na podizanje kompletne podrtine treba odrediti u kakvom je položaju u odnosu na morsko dno. Najčešće se razlikuju tri slučaja a to su:

1. podrtina stoji uspravno,
2. podrtina je nagnuta,
3. podrtina je djelomično zakopana. [10]

U koliko se pristupa spašavanju podrtini koja je u uspravnom stanju potrebno je sanirati manja oštećenja i osloboditi ga vode. Zatvaraju se svi otvori za propuštanje vode i

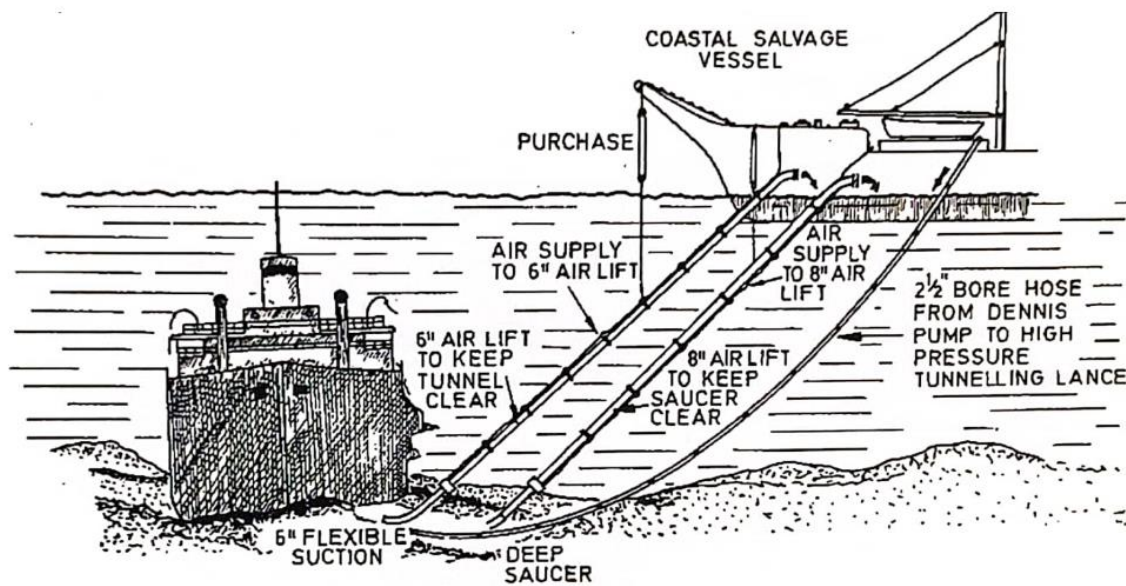
postavljaju pumpe za ispumpavanje. Ovisno o težini podrtine uzima se odgovarajući broj dizalica kako bi se uspješno obavilo mehaničko podizanje na površinu. Nakon što su dizalice ostavljene na odgovarajuću poziciju i spremne su za podizanje podrtine provodi se probno podizanje sa svrhom testiranja opreme. Zatim se čeka niska voda da akcija podizanja može započeti. Podizanje se obavlja za vrijeme podizanja razine morske vode, sinkroniziranim radom svih dizalica, dok podrtina ne izađe na površinu. Nagnute podrtine imaju više pristupa spašavanja:

1. Podizanje podrtine u zatečenom položaju. Ovaj pristup se koristi ako se radi o manjim podrtinama i postoji odgovarajuća snaga za izvlačenje.
2. Uspravljanje podrtine na morskom dnu i postavljanje na ravnu kobilicu. Nakon uspravljanja podrtine procedura spašavanja je ista kao i u prethodnom odlomku.
3. Potpuno prevrtanje podrtine s kobilicom prema gore. U tom slučaju za podizanje podrtine koriste se dizalice za podizanje i kompresori za ubacivanje zraka u podrtinu s ciljem olakšavanja. [10]

Spašavanje podrtine koja je djelomično zakopana složenija je operacija spašavanja nego li prva dva. Ovo spašavanje osim dizalica zahtjeva i angažman tima ronioca. Ronioci će prvo osloboditi podrtinu od mulja što je više moguće koristeći razna sredstva za ispiranje. Nakon toga se ispiru mulj iz unutrašnjosti podrtine i sa strane trupa kako bi se podrtina oslobodila. Nakon provedenog ispiranja započinje podizanje s pomoću dizalica. U ovom slučaju podizanje će zahtijevati više snage nego kod običnog podizanja jer mulj stvara dodatni podtlak koji privlači podrtinu. [10]

### **3.5. TUNELIRANJE**

Tuneliranje se radi u cilju provlačenja čelik čela ili lanaca ispod objekta koji se spašava. Tuneliranje zahtijeva angažman ronioca. [22]



**Slika 9. Ilustracija iskopavanja tunela [22]**

Slika 9. prikazuje uobičajenu metodu iskopavanja dubokog bunara u blizini podrtine s pomoću usisavača za mulj, a zatim probijanje tunela s mlaznicom (koju koristi ronilac) ispod olupine, dok manji zračni dizač zadržava bunar i područje tuneliranja očišćeno od blata. Metoda je skupa i vremenski zahtjevna.

Tuneliranje se postiže dovodom vode s površine, koji osigurava visokotlačna pumpa koja izbacuje vodu kroz standardni reakcijski mlaz. Reakcijski mlaz čini crijevo od 8 cm koje dovodi vodu u plenumsku komoru koja ima dva mlaza usmjerena prema natrag i jedan mlaz okrenut prema naprijed. Dvije mlaznice okrenute unatrag uravnotežuju reakciju prednjeg mlaza, omogućujući ronioncu da gura mlaznicu prema naprijed. [22]

Voda koja se pumpa kroz crijevo stvarat će određeni pritisak iz zamaha vode koji se naziva brzina mlaza. Brzina mlaza povezana je s volumenom protoka koji pumpa isporučuje i veličinom ispusne mlaznice. Budući da je voda nestlačiva, brzina vode i tlak pražnjenja mogu se predvidjeti jednostavnom formulom. Temeljno načelo dinamike fluida za nestlačivo strujanje je da smanjenje površine poprečnog presjeka (mlaznice) cijevi

proporcionalno povećava brzinu vode kroz mlaznicu. Tako se može odrediti brzina vode u crijevima i mlaznicama.

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2$$

gdje je:

$Q$  = volumen protoka pumpe u  $m^3/min$ ,

$V_1$  = brzina vode u crijevu u  $m/s$ ,

$A_1$  = površina poprečnog presjeka crijeva u  $cm^2$ ,

$V_2$  = brzina na mlaznici u  $m/s$ ,

$A_2$  = površina poprečnog presjeka mlaznice u  $cm^2$ . [22]

Ovo se može pojednostaviti na:

$$V = \frac{Q}{2,4d^2}$$

gdje je:

$V$  = brzina u  $m/s$  na mlaznici,

$Q$  = isporuka pumpe u  $L/min$ ,

$d$  = promjer mlaznice u  $cm$ . [22]

Prilikom prokopavanja tunela ispod olupine, prva radnja koja se poduzima je stvaranje bunara uz pomoć reakcijskog mlaza za odsijecanje morskog dna i zračnog dizanja, obično promjera 20 cm, za odnošenje iskopanog materijala. Širina bušotine i strmina njezine strane ovisit će o prirodi morskog dna. Kod tvrdog škrljca ili gline strane mogu biti prilično strme, a širina bušotine mnogo manja nego što bi bila potrebna za mulj ili pijesak, koji imaju mali kut mirovanja. Bunar bi trebao biti iskopan do dubine od oko 2 m ispod olupine. Čim se bušotina dovrši, na prednjoj strani ispod olupine stvara se lice i počinje iskopavanje tunela. Na mekom tlu reakcijski mlaznice će bez puno problema isprati morsko dno. U tvrdim terenima mora se usvojiti tehnika rudarenja, pri čemu se najprije odsiječe baza čela tunela kako bi se potkopao ostatak koji se zatim razbija u šupljinu formiranu potkopavanjem. Iskopani materijal ispire se natrag prema tanjuru i unosi ga u zračno dizalo od strane ronioca. Moraju se poštovati iste mjere opreza u pogledu nagiba stranica tunela kao što je potrebno za bunar. Također je važno da ronilac uvijek

treba održavati kontakt s dnom broda, prvo kako bi se izbjegao krov tunela koji bi se mogao urušiti, a drugo kako bi se provjerio smjer prema preklopima ploča.

Prilikom probijanja tunela kroz tvrdi ili grudasti materijal stvara se jednostavna rešetkasta konstrukcija koja može uštedjeti vrijeme jer pomaže u sprječavanju zagušenja. Međutim, ako dođe do zagušenja, najbolje ga je riješiti kratkim zatvaranjem ventila za dovod zraka kako bi se dopustilo da materijal padne dolje zahvaljujući vlastitoj težini. Zrak bi zatim trebao ponovno brzo uključen tako da se izazove nalet vode u cijevi što će dovršiti čišćenje. Kako tunel napreduje, drugo zračno dizalo se pokreće. Ovo drugo dizanje zraka obično je 15 cm u promjeru i opremljen zavojem i fleksibilnom gumenom cijevi na dnu koja se postavlja u tunel kako bi se pomoglo u uklanjanju iskopanog materijala. Kroz iskopane tunele se provlači nekoliko čelik čela. [22]

### **3.6. ODSTRANJIVANJE MULJA**

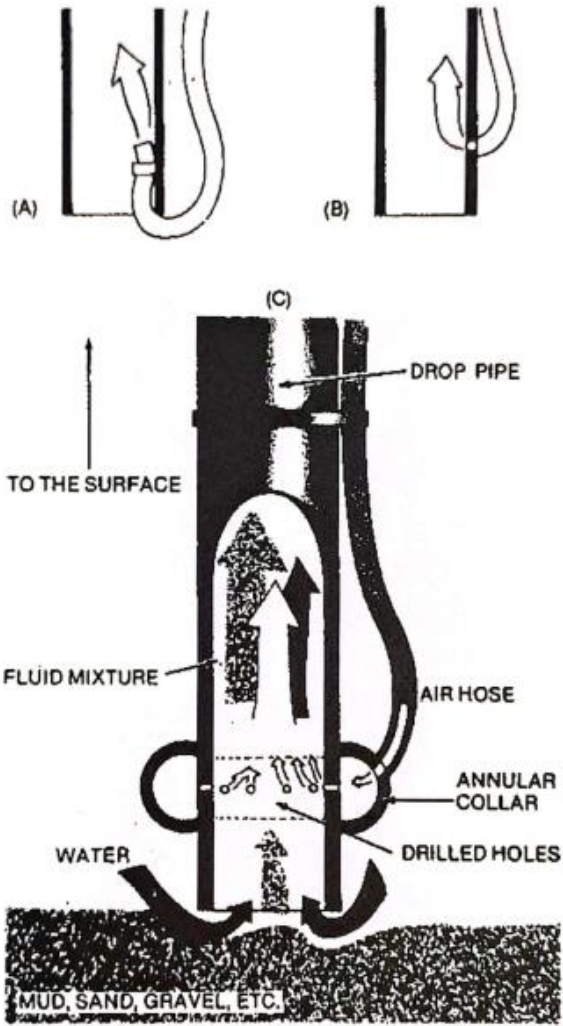
Prije podizanja zakopane podrtine s morskog dna potrebno olakšati olupinu. Podrtina se olakšava izbacivanjem morskog sedimenta iz trupa broda, bilo da se radi o blatu, mulju ili pijesku. Za izbacivanje mulja iz unutrašnjosti broskog trupa najčešće se koriste zračna dizala (*engl. air-lift*). Air-lift je jednostavan za rukovanje i može ukloniti veliku količinu polukrutog materijala iz skladišta plovila. Može se koristiti za podizanje mješavina vode, žitarica, mulja i sitnih krutih tvari iz skladišta brodova. Zračno podizanje radi na principu razlike tlaka. Zrak se uvodi u donji kraj djelomično uronjene cijevi. Spajanjem mjehurića zraka s tekućinom u cijevi nastaje smjesa manje gustoće od tekućine izvan cijevi. Manja gustoća rezultira manjim tlakom unutar cijevi nego izvana, što uzrokuje dizanje smjese u cijevi. Količina podignute tekućine ovisit će o veličini zračnog podizača, uronjenosti cijevi, korištenom zračnom tlaku i volumenu. [22]

Air-lift se sastoji od dva osnovna dijela, ispusne cijevi i nožice, odnosno zračne komore. Veličina ispusne cijevi kreće se od otprilike 8 do 35 cm u promjeru, ovisno o količini posla koji treba obaviti. Zračna komora treba biti smještena otprilike 50 do 75 cm od donjeg kraja cijevi kako bi se postigli najbolji rezultati. Princip rada je sljedeći: usisna cijev se spušta u mješavinu koja se treba podići, do dubine od približno 50 do 70 % ukupne duljine cijevi. Ponekad je potrebno određivanje količine zraka za učinkovit rad. Učinkovitost zračnog dizala određuju sljedeći čimbenici:

- Volumen i tlak dovoda zraka, u odnosu na dubinu vode - Volumen dobavljenog zraka obično je reguliran i ograničen kapacitetom kompresora. Tlak bi trebao biti najmanje 20-30 % veći od tlaka na dubini rada.
- Omjer koji nosi uronjena duljina prema izronjenoj duljini; kada ovaj omjer padne ispod 2:1, učinkovitost se brzo smanjuje - Kada izroni dio prelazi polovicu uronjenog dijela, potrebno je više zraka za iste rezultate. To je zato što se veći dio energije koristi za svladavanje visine, jer kada se dosegne površina, nema više širenja zraka zbog smanjenja tlaka. Stoga dio uzgona iznad površine ne stvara energiju.
- Dubina vode - Što je veća dubina (unutar izvedivih granica) to je veće povećanje brzine zraka do uzgona i, posljedično, veći je mogući pad.
- Položaj dovoda zraka u odnosu na donji kraj dizala - Ako je dovod zraka na najnižem kraju, dizanje zraka će biti učinkovitije, iz istih razloga kao gore.
- Priroda materijala koji se podiže - Air-liftovi će samo podići rasuti materijal na donjem kraju. Mlaz je stoga neophodan dodatak učinkovitom dizanju zraka prilikom uklanjanja tvrdog nabijenog pijeska ili čvrstog morskog dna. Glina, papirna masa i slični materijali lakše će zagušiti dizanje zraka. [22]



# AIRLIFT PRINCIPLE



Slika10. Ilustracija principa rada zračnih dizala [22]

## **4. PROCES SPAŠAVANJA JEDRENJAKA „VASA“**

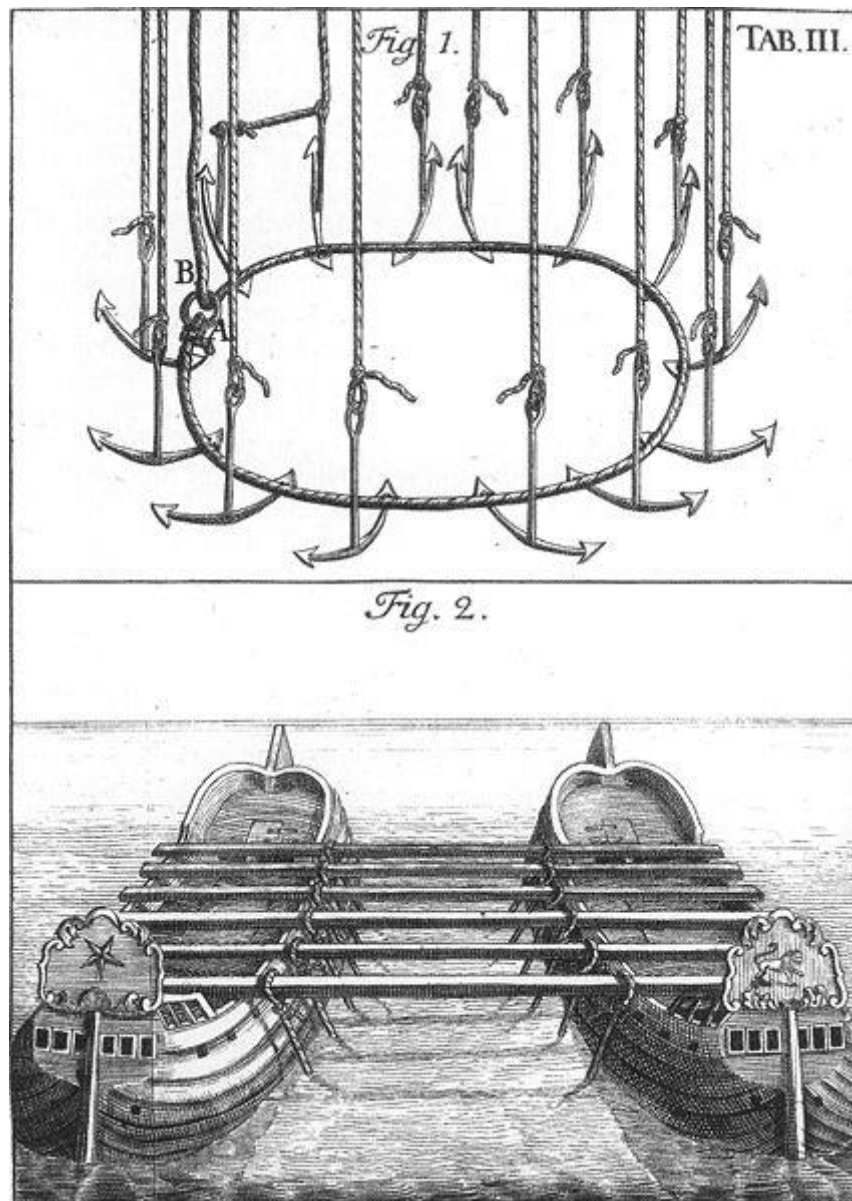
U ovom poglavlju detaljnije će se opisati metodologija i proces spašavanja jedrenjaka „Vasa“. Opisat će se njegov prvi pokušaj spašavanja koji je nastupio odmah nakon potonuća i koji je prekinut jer tadašnji tehnološki razvoj nije omogućavao izvođenje ovako složene operacije. Jedrenjak „Vasa“ je ostao na morskom dnu 333. godine. „Vasa“ nije zaboravljen, njegova priča živjela je i prenosila se usmenom predajom. Točna lokacija lagano je zaboravljena ali znalo se da je „Vasa“ negdje u stockholmskoj luci. Sredinom 20. stoljeća dolazi do ponovnog otkrivanja točne lokacije podrtine. Donosi se odluka o ponovnom pokušaju spašavanja podrtine, ali ovaj put s modernijom tehnologijom. Spašavanje i izvlačenje podrtine trajalo je tri godine. Od iskopavanja iz mulja i podizanja do ponovnog izrona jedrenjaka „Vasa“ na površinu. Nakon vađenja podrtine nastupili su novi problemi vezani za restauraciju i konzervaciju jedrenjaka. Brod je dobio i muzej a njegovo očuvanje traje još i dan danas.

### **4.1. PRVI POKUŠAJ SPAŠAVANJA**

Nakon što je „Vasa“ potonuo, gornji dijelovi glavnih jarbola su i dalje bili vidljivi. Ovi pokušaji spašavanja jedrenjaka „Vasa“ nastupili su nakon potonuća broda. Nakon nepuna tri dana od katastrofe raspisan je ugovor za podizanje i spašavanje „Vasa“. Ekskluzivno pravo spašavanja dobio je engleski inženjer Ian Bulmer, a koordiniranje akcije spašavanja vodio je sam zapovjednik Söfring Hansson. [19]

Tehnologija spašavanja korištena u 17. stoljeću bila je nedostatna, iako su se koristile slične metode kao i danas. Spašavanje je funkcioniralo na način da se dva broda, često samo trupovi brodova, postavljaju s obje strane potonulog broda. Određeni broj konopa spušten je i pričvršćen za podrtinu s pomoću specijalnih kuka i sidara. Detalji o procesu spašavanja nisu bili dokumentirani, ali se pretpostavlja da je uključivao ronioce na dah koji su ronili do dubine od 32 metra, dubine broda „Vasa“. Trupovi brodova bi se punili balastom sve do najvećeg gaza. Kada bi brodovi dovoljno uronili u more, konopi bi se zategnuli, a voda iz trupa brodova se ispumpavala. Izronom trupova brodova (olakšavanja balasta) podigao bi se i potonuli brod. Postupak se ponavljao s prelaskom u sve pliće vode. Postupak bi se ponavljao dok brod ne bi bio potpuno izvađen iznad razine

mora. Budući da je spašavanje započelo nedugo nakon potonuća, drveni trup „Vasa“ još nije bilo natopljen vodom, pa se vjerovalo da će metoda biti uspješna. [17]



**Slika 11. Tehnologija spašavanja 17. Stoljeća [12]**

Prvi pokušaj podizanja „Vasa“ uspio je uspraviti bočno potonuli brod i „Vasa“ više nije bio prevrnut na bok već je ležao na kobilici, što će se pokazati kao ključni korak u ponovnom pokušaju spašavanja u 20. stoljeću. Međutim, uspravljanje broda imalo je za rezultate da je „Vasa“ još dublje uronio u mulj što je izazvalo dodatne izazove. Iako podvodna težina „Vasa“ nije bila relativno velika, mulj koji ga je obuhvatio, učinio je brod težim za podizanje. Taj problem zahtijevao je znatno veću snagu podizanja što je prouzročilo problem koji tehnologija 17. stoljeća nije mogla riješiti. Svi daljnji naponi za

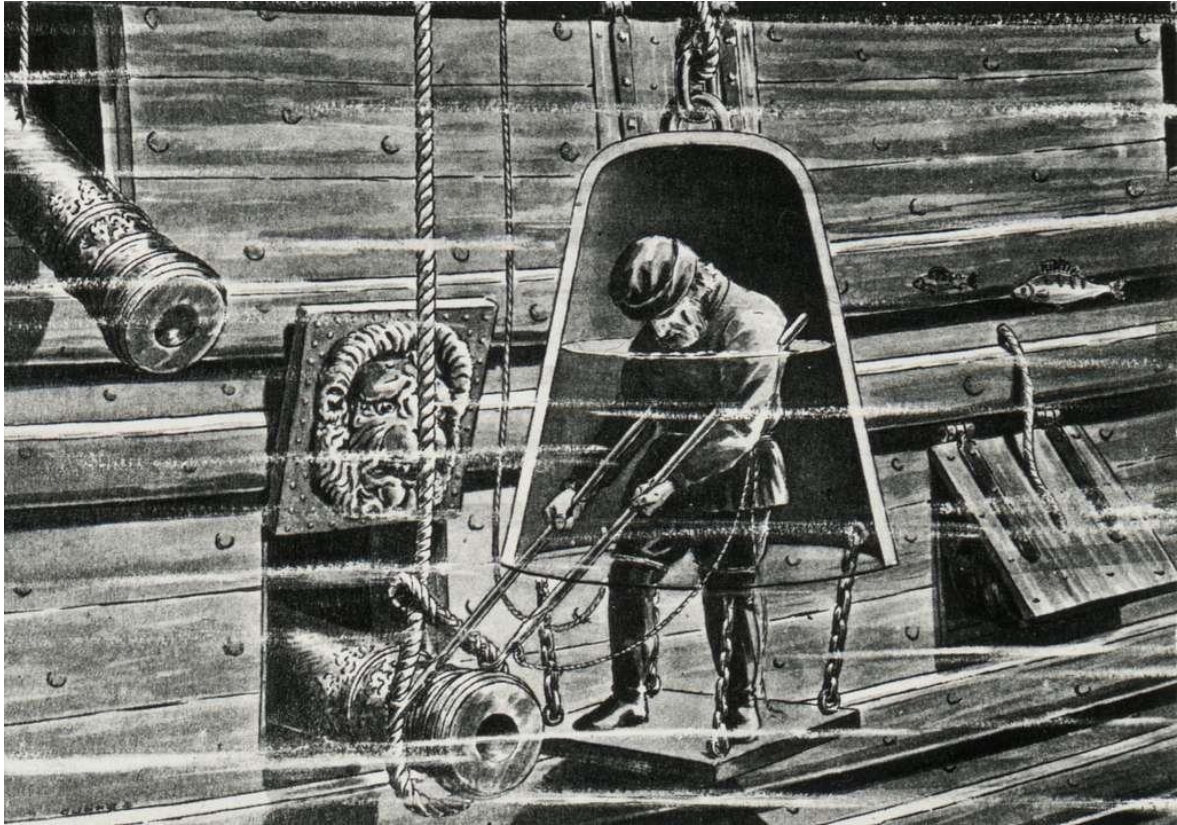
izdizanje broda bili su neuspješni, ali su se dijelovi ipak uspjeli spasiti. Dijelovi konopa i opreme na palubi bila su vrijedna dobra koja su se mogla ponovno upotrijebiti. Također, sačuvane su i neke od pulena. [13]

Nakon Bulmerovih neuspješnih pokušaja spašavanja „Vasa“, isto su pokušali nizozemski i škotski inženjeri, iako bez uspjeha. Koristili su najveće ratne brodove flote za podizanje i posebno jaka sidra napravljena za pričvršćivanje. Spominju se i pokušaji spašavanja jedrenjaka „Vasa“ početkom 19. stoljeća ali bez zabilježenih značajnijih rezultata. „Vasa“ je ostao ležati na dnu još 300 godina. [13]

#### **4.1.1. Spašavanje topova**

„Vasa“ je već bio okovana muljem te je spašavanje trupa obustavljeno. Spašavali su se uglavnom manji vrijedniji predmeti sa samoga trupa, kao oprema i naoružanje. Najvrijedniji predmeti su bili brončani topovi koji su potonuli s brodom. Najveći nedostatak ronjenja na dah bilo je ograničeno vrijeme koje ljudi mogu provesti pod vodom zbog zaranjanja i izranjanja. [17]

Godine 1658. Hans Albrecht von Treileben je došao u Stockholm i predstavio svoje znanje o korištenju ronilačkog zvona. Ronilačko zvono je predstavljeno kao nova metoda podvodnog spašavanja. Iako se ideju o ronilačkom zvonu spominjalo još od Aristotela, tek u 17. stoljeću je doživjela svoju primjenu zahvaljujući napretku u tehnologiji. Zvono koje se upotrebljavalo prilikom spašavanja topova „Vasa“ bilo je tzv. "mokro" zvono s otvorenim dnom i visinom oko 130 cm. Na otprilike 50 cm od otvora zvona bila je pričvršćena mala olovna proširena klupa koja je omogućavala roniocu da stoji ili sjedi, prilikom podizanja ili spuštanja zvona, s glavom i ramenima u prostoru sa zrakom. Zvonom se upravljalo s pomoću jednostavne dizalice. Ronilac je tako mogao iznositi predmete na površinu, međutim, u slučaju topova, ronilac bi samo zavezao konop oko topova koji bi se nakon toga izvlačili na površinu. [17]



**Slika 12. Ilustracija ronilačkog zvona [19]**

Iako je ideju o ronilačkom zvonu predstavio 1658. godine, Hans Albrecht von Treileben, tek krajem 1663. dobiva ovlaštenje za spašavanje topova. Hans Albrecht von Treileben je s još jednim Nijemcem, roniocem Andreasom Peckellom, počeo izvlačenje topova iz „Vasa“. Ronilačko zvonilo bilo je konstruirano tako da se zrak komprimira u gornjem dijelu prilikom spuštanja i tako omogućava roniocima da se vrate u zvonilo i uzmu svjež zrak nekoliko puta, prije nego što se zvonilo moralo podići, čime se značajno produžuje vrijeme provedeno pod vodom. Ronilac po imenu James Maulde bio je prvi koji se spustio u ronilačko zvonilo, ali samo kako bi pregledao, i izvijestio je o stanju podrtine. [17]

Za pristup topovima na gornjoj palubi rastavljen je pokrov glavne palube. U ljeto 1664. svi topovi na gornjoj palubi bili su podignuti. Spašavanje topova s donje palube je bilo složeniji poduhvat. Timovi za spašavanje su koristili velike hvataljke koje su bile vezane konopima i upravljane dizalicom. Ronilac je imao zadatak pričvrstiti kandže hvataljki za tijelo topa. Konopi koji su išli prema površini pritiskali bi remen, hvataljke bi se stezale, a top bi se onda izvukao kroz topovski otvor, uz pomoć navođenja ronioca. Ovaj

proces se činio prilično učinkovitim i dobrim, budući da otvori za oružje nisu pokazivali veća oštećenja. [17]

Nakon rješavanja problema ronioca s vremenom koje se mora provesti na dah ispod mora roniaci su naišli na još jedan veći problem. Hladno Baltičko more i hipotermiju. Niske temperature Baltika dozvoljavale su ronionicima samo 15-20 minuta rada, nakon čega su trebali izroniti na površinu kako bi se zagrijali. Ovo je usporavalo akciju spašavanja, ali u razdoblju od 1663. do 1665. godine uspješno je spašeno 53, od ukupno 64 topa. To je bio vrlo hrabar pothvat nakon kojeg je došlo do obustave spašavanja „Vasa“. [16]

## 4.2. PONOVO OTKRIĆE

1950-ih Anders Franzén započinje svoja istraživanja broda „Vasa“. Anders Franzén je bio inženjer za gorivo u švedskoj mornarici i arheolog amater s velikim zanimanjem za povijest švedske ratne flote. Tražio je zakopane podrtine između otoka arhipelaga izvan Stockholma, najčešće u razgovoru s ribarima, pomorcima, profesorima povijesti te čitanjem starih zapisa iz vojnog arhiva. Franzén je uspio locirati stare olupine kao što su „Riksäppet“ i „Lybska Svan“, a nakon dugog i iscrpnog istraživanja počeo je tražiti i „Vasa“. Proveo je godine istražujući vode oko mnogih pretpostavljenih lokacija olupine, ali bez uspjeha. [13]

Godine 1954. Anders Franzén započinje nisko-tehnološku, ali sustavnu pretragu stockholmske luke s brodom švedske mornarice. Njegov sustav traganja sastojao se od grablje i posebnog alata izrađenog za uzimanje uzorka, kojeg je Franzén sam dizajnirao. Grablju bi spustio na morsko dno i vukao s brodom. Kada bi grablja zapele zaustavio bi brod i spustio ručno izrađen alat za uzimanje uzorka. Sonda na gravitacijski pogon spustila bi se do potencijalne podrtine i bušenjem s oštrom cijevi bi se uzeo uzorak svega na što bi zapelo za nju. Ako bi u uređaju za uzimanje uzorka bilo drvo to bi moglo značiti da na morskom dnu leži stari brod. Dok je provodio svoja istraživanja duž južne obale nije pronalazio samo olupine. U većini slučajeva radilo bi se o podvodnom smeću kao što su stare peći, stare bicikle, božićna drvca, i razno razni drugi predmeti. [13]

U jesen 1955. godine, dogodilo se nekoliko ključnih događaja koji su značajno utjecali na putovanje Franzena. Istraživanjem je otkrio izvore koji su upućivali da se



„Vasa“ nalazi na sjevernoj strani kanala bliže Beckholmena. Franzen je pronašao kartu dna tog područja koja je rezultat detaljnih premijera dna, nastala na zahtjev grada Stockholma za mogućnost gradnje mosta između Tegelvikena i Beckholmena. Na karti se jasno ističe prepreka na dnu, dugačka 50 metara i visoka oko šest metara, koja se nalazila ispred suhog doka „Gustav V.“ na Beckholmenu. Smatralo se da su to ruševine s pristaništa koje je minirano 1920-ih godina. Franzén je upoznao Pera Edvina Fältinga, najiskusnijeg mornaričkog ronioca, koji je bio aktivno angažiran u luci. Fälting je otkrio Franzénu da ta prepreka na dnu nije potjecala s doka „Gustav V.“, iz čega se zaključilo da bi prepreka mogla biti „Vasa“, koji se nalazi na morskom dnu samo 120 metara od Beckholmena. [19]

Povijesni dan dogodio se 25. kolovoza 1956. godine. Franzén i Fälting istraživali su područje blizu Beckholmena koristeći nove i lakše grablje. Kada je grablja zapela za prepreku prikazanu na karti spustili su sondu i izvukli uzorak starog crnog hrasta. Premjestili su brod 20 metara dalje i ponovno su spustili uređaj za uzorkovanje koji im je donio mogući uzorak potopljenog broda.



**Slika 13. Uzorak crnog hrasta [19]**

Na temelju uzorkovanja, Franzén i Fälting uspjeli su nagovoriti mornaricu da organizira ronilačku ekspediciju za pomoć. Početkom rujna, Fälting je prvi zaronio i dok je hodao po dnu naišao je na vertikalnu drvenu konstrukciju s nizom četvrtastih otvora. Zaključio je da je to ostatak starog ratnog dvopalubnog broda koji bi mogao biti „Vasa“. [13]

Franzén je dao svoj najvažniji doprinos vizijom podizanja broda „Vasa“ i pretvaranjem istog u središnji eksponat velikog muzeja. Franzén je uvjeravanjem pridobio važne ljude i institucije potrebne za takav monumentalni zadatak. Stoga, nije pretjerano reći da je najzaslužniji za spašavanje jedrenjaka „Vasa“. [19]

#### **4.2.1. Ocjena stanja podrtine**

„Vasa“ je potonuo u ljeto 1628. godine i ležao na morskom dnu stockholmske luke više od 300 godina. Istraživače je iznenadila njegova očuvanost s obzirom na vrijeme provedeni ispod mora. Jedno od olakotnih okolnosti koje su pridonijele očuvanosti podrtine je lokacija potonuća - Baltičko more. Baltik ima hladnu i bočatu vodu. Ti uvjeti nisu pogodni za rast i razvijanje brodske crvotočine, stoga drvo prilično dobro preživljava na morskom dnu. Još važniji razlog za dobro očuvanje broda je dno na kojem je „Vasa“ ležao. „Vasa“ se zakopavao muljem što se pokazalo korisnim jer je mulj konzervirao i sačuvao drvo da se još uvijek mogu pronaći tragovi originalne boje i pozlate. Prvi pokušaj spašavanja i uspravljanja broda imao je ključnu ulogu u očuvanju trupa jer se uspravljanjem podrtine, podrtina još više ukopala u morski mulj. Otprilike 300 godina kasnije ispostavilo se da je mulj u trupu broda očuvao organski materijal koji bi se inače izgubio i raspao. Podrtina jedrenjaka „Vasa“ je također bila podvrgnuta i eroziji. Na sreću brodski trup bio je učvršćen drvenim čavlima koji su ostali netaknuti, za razliku od tisuće željeznih čavala koji su uglavnom pridržavali vanjske strukture i skulpture. Oni su prilično brzo erodirali i strukture koje su držale su upale u mulj gdje su se i očuvale. Trup broda je s vremenom erodirao, ali ne u tolikoj mjeri da bi trup bio u opasnosti od kompletnog urušavanja. Najveća šteta na brodu nastala je prilikom spašavanja topova s gornje palube. Također, vidljiva su i manja oštećenja od sidra brodova koji su se tijekom povijesti sidrila na tom mjestu. [17]

Također, jedna zanimljiva priča vezano za očuvanje podrtine jedrenjaka „Vasa“ dogodila se početkom 20. stoljeća kada je „Vasa“ zamalo pretvoren u namještaj. Dva brata iz Oskarshamna, Leonard i Simon Olschanski, imali su tvornicu za izradu drvenog namještaja. Shvatili su da je stockholmska luka puna starih drvenih brodova čije bi se drvo moglo iskoristiti za izradu namještaja. Podnose zahtjev švedskoj vlasti i traže dozvolu za spašavanje potonulih brodova između Beckholmena i Tegelvikena, gdje se također nalazi i „Vasa“. Planirali su od kvalitetne crne hrastovine, od koje su građeni stari drveni brodovi i koja je natopljena vodom, izrađivati „Art Deco“ namještaj vrlo popularan u Švedskoj.



Međutim, Švedske vlasti su ih odbile i to se pokazala kao ključna odluka da „Vasa“ postoji i danas. [19]

#### **4.2.2. Odobrenje spašavanja od strane administracije**

Anders Franzén se prihvatio privlačenja institucija i organizacije spašavanja koje bi mogle podignuti podrštinu i obnoviti je. Imao je viziju otvoriti muzej o jedrenjaku „Vasa“. Zadatak nije bio ni malo lak i zahtijevao je tehnička znanja mnogih područja, od ronilačkih vještina i tehnika spašavanja do metodologije očuvanja. To je zahtijevalo povijesna i arheološka znanja ranog 17. stoljeća, a prije svega i znatnu financijsku podršku, ljudstvo i tehničku opremu.

S pomoću brojnih poznanstava Franzén je uvjerio mornaricu, odbor za baštinu, muzej i tvrtku za spašavanje da ulože svoj trud i potrebna sredstva. Komodor Edward Clason, vođa mornaričkih ronilačkih sredstava, dobio je od mornarice zadatak vođenja projekta, a Fältingom je postavljen kao šef ronjenja i instruktor za obuku ronioaca. Odbor za baštinu imenovao je konzervatora Boa Lundvalla, koji je svoju karijeru posvetio jedrenjaku „Vasa“. Muzej je povjerio Edwardu Hamiltonu, umirovljenom mornaričkom časniku i povjesničaru, brigu o arheološkim nalazima. Tvrtka Broströms, vodeća u spašavanju na moru u Skandinaviji, s bogatim iskustvom u podizanju podrtina, dodijelila je svoj odjel za ronjenje i spašavanje Neptun, sa zadatkom projektiranja i izvođenja podizanja, uz dogovor da će to učiniti dobrovoljno i besplatno. Franzén je uspio zainteresirati i kraljevski dvor oko projekta „Vasa“. Kralj, Gustav VI. Adolf, po struci je bio arheolog, te je podržao projekt podizanja broda, koji je izgradio njegov imenjak. Svoga sina, princa Bertila kao jednog od najpopularnijih članova kraljevske obitelji, postavio je za predsjednika osnovane zaklade za podizanje broda, poznatije kao Wasanämnden (Odbor „Vasa“). [19]

#### **4.3. POSTUPAK IZVLAČENJA PODRTINE**

Operacija spašavanja podrtine bila je složen proces sastavljen od više faza. Za kontrolu i nadziranje kompletnog procesa postavljen je „Odbor „Vasa“ koji je odlučivao o svim koracima vezanim za spašavanje podrtine. Kako je „Vasa“ ubrzo postao predmet nacionalnog interesa, počeli su pristizati razni prijedlozi vezani za podizanje broda. Uglavnom se radilo o neozbiljnim prijedlozima, o ispunjavanju trupa broda lopticama za tenis ili zamrzavanje trupa u veliku kocku leda u cilju postizanja uzgona. Ovakvi prijedlozi

su bili odbačeni. Međutim, tvrtka Neptun uvjetuje da će sudjelovati u spašavanju samo ako će se koristiti pouzdana metoda koja je sigurno provjerena i za koju su bili odgovarajuće opremljeni. Odbor je na kraju usvojio njihovu metodologiju spašavanja. [19]

Prije podizanja samog trupa broda prvo se pristupilo spašavanju predmeta koji su ležali oko njega. Uglavnom se radilo o ukrasnim skulpturama i drugim dijelovima broda koji su se tijekom vremena odvajali od trupa i zatrpavali u mulj. Ti pretežito manji predmeti su se vadili iz mulja, numerirali i kategorizirali u skupine. Zatim su se isprali od mulja i odmah uronili u spremnik s vodom kako bi se uradila desalinizacija i kako predmeti ne bi ispucali. Voda je sprječavala sušenje drvenih predmeta, koje bi moglo rezultirati lomljenjem i raspadanjem. Nakon prikupljanja svih manjih dijelova na red je došao i sam trup broda koji je zahtijevao znatno veće napore. [16]

Planirana metodologija za vađenje podrtine nije se previše razlikovala od metode korištene u 17. stoljeću. Samo što je imala malo moderniji pristup i bolju tehnologiju. Umjesto kuka i sidara za podizanje koristile su se čelične sajle. Planiralo se iskopati šest tunela ispod kobilice broda, s ciljem da se u njih postave jake, masivna čelik čela i brod stavi u "košaru". Sajle bi se pričvrstile na dva pontona, nazvani „Oden“ i „Frigg“, koji bi plutali na površini. Pontoni bi imali istu ulogu kao i brodovi korišteni u prvom pokušaju spašavanja. Napunili bi se vodom do maksimalnog gaza, čelik čela bi se zategla i počelo bi ispumpavanje vode iz pontona. „Vasa“ bi se oslobodio iz mulja te pomaknuo u pliće vode. Jedinu razliku u novijem pristupu spašavanja predstavljali su veća podizna snaga i modernija tehnologija. [13]



**Slika 14. Model koji prikazuje metodologiju spašavanja „Vasa“ [14]**

Proces iskopavanja tunela započeo je 1957. i trajao do 1959. organiziran od strane mornaričkih ronionaca. Za probijanje tunela ispod broda ronionci su koristili vodene mlaznice velikog pritiska. Radovi su bili izuzetno opasni i zahtjevni za izvođenje. Vidljivost za vrijeme izvođenja radova bila je slaba, a u idealnim uvjetima samo nekoliko metara. Postojao je stalan rizik da se olupina pomakne ili spusti dublje u mulj dok se ronilac nalazi u tunelu. Također, okomiti dijelovi tunela u blizini trupa su bili potencijalni rizik od urušavanja i zatrpavanja ronionaca. Osim toga, ronilačka oprema nije bila praktična kao današnja. Ronilačko odijelo sredinom 20. stoljeća više je sličilo na svemirsko odijelo. Sastojalo se od tkanine i velike i teške kacige od mesinga s vanjskom potporom za upumpavanje zraka putem crijeva (otvoreni krug disanja). Usprkos brojnim rizicima i opasnim uvjetima, nije zabilježena niti jedna ozbiljnija nezgoda kod više od 1300 zarona koliko je bilo potrebno za kopanje tunela i postavljanje kabela. [13]

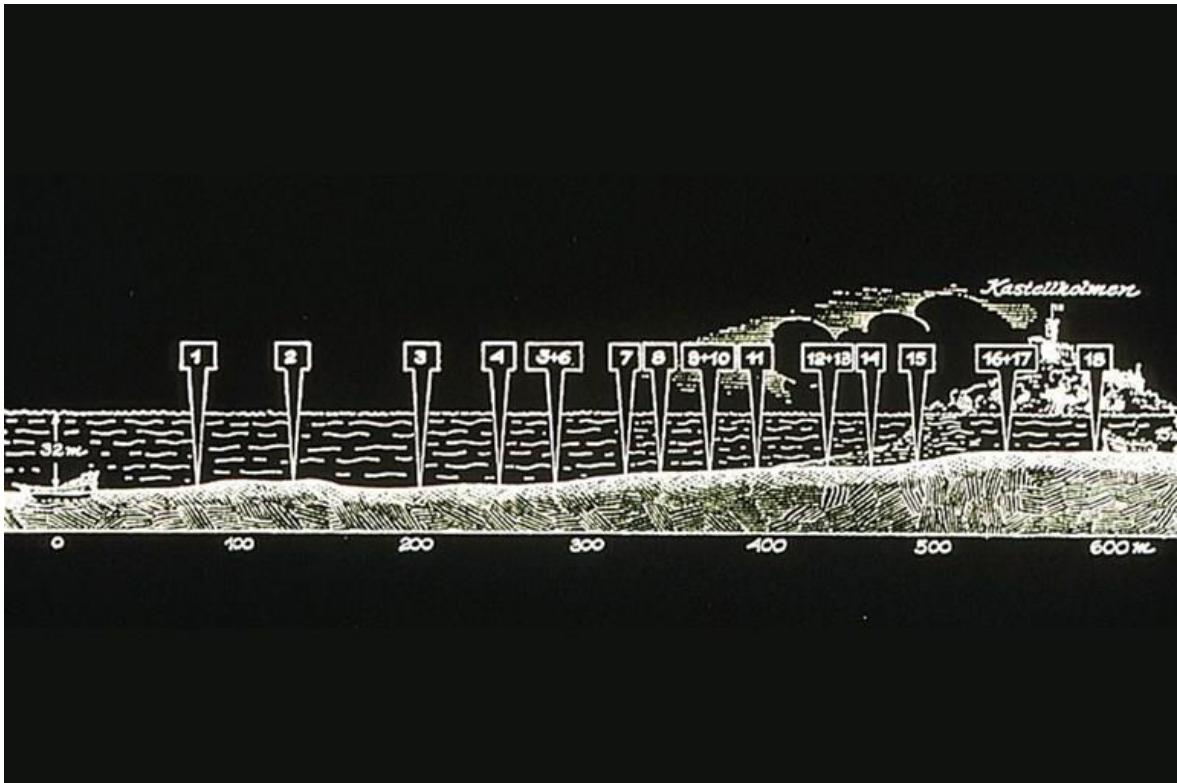
Za vrijeme kopanja s visoko tlačnim pumpama, pronađeno je mnoštvo predmeta koji su ispali s broda. Od palubne opreme do poklopaca otvora za topove te više od sedam stotina ukrasnih figura. Pronađen je i glavni jarbol koji je bio pognut uz trup broda, te jedan od brodskih brodice. Otkriven je i jedan „Vasin“ top koji nije pronađen 1660-ih.

Njegovo podizanje uživo se pratilo putem radija 5. rujna 1958. godine. „Vasa“ je postao svakodnevna tema kod švedske javnosti, a šef ronjenja Fälting nacionalni heroj. [16]



**Slika 15. Izvlačenje topa 1958. [16]**

Kada su čelik čela bila postavljena i pontoni na svome mjestu akcija podizanja je mogla započeti. Dana 20. kolovoza 1959. „Vasa“ je bio spreman za početak izvlačenja. Unatoč brojnim izazovima „Vasa“ je nakon 331 godine oslobođen od morskog dna. Ovo podizanje stvorilo je veliki pritisak na trup broda i brod bi se urušio da u njegovim drvenim gredama nije ostalo dovoljno čvrstoće. Budući da pontoni nisu mogli podići podrtnu više od 2,5 m od jednog pokušaja, brod se podizao i premještao u više faza s ciljem premještanja u pliću vodu. „Vasa“ bi se podigao, odveo do plićeg mjesta i ponovno spustio na dno. Cjelokupno premještanje sastojalo se od 18 podizanja koja su potrajala od kolovoza do rujna 1959. Prilikom svakog podizanja brod bi se pomakao za otprilike jedan metar. Tako je brod u 18 koraka premješten s dubine od 32 metre na dubinu od 16 metara u zaštićeno područje Kastellholmsviken. To je omogućilo ronionicima da rade cijelu godinu i lakše ga pripreme za konačno podizanje. [16]



**Slika 16. 18 koraka podizanja podrtine [14]**

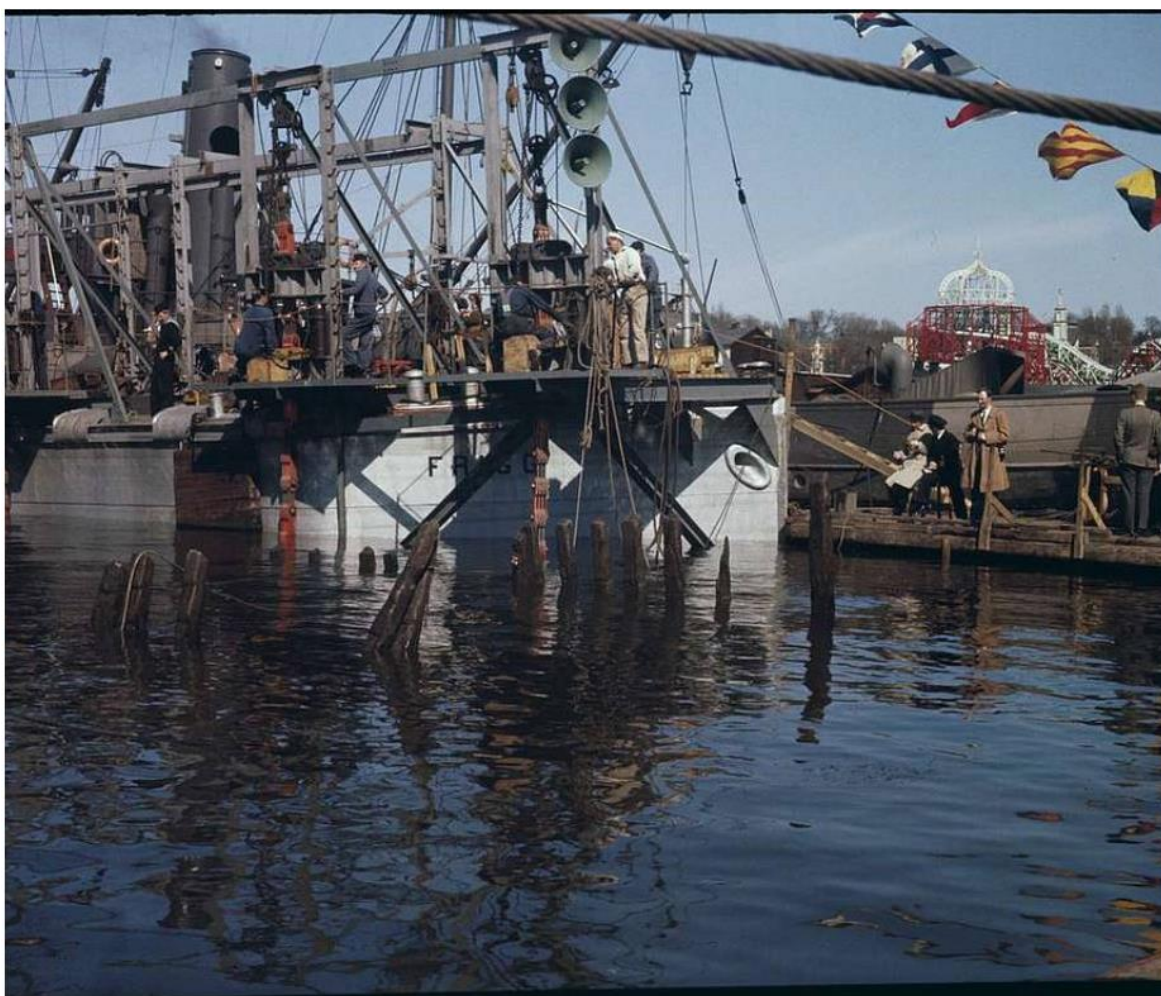
Brod nije bio odmah spreman za podizanje već je zahtijevao određene preinake trupa. Plan je bio spriječiti puknuće trupa radovima pod vodom, kako bi mu se vratila plovnost. Na taj način se omogućilo da brod može samostalno uploviti u dok na vlastitoj kobilici. Bilo je potrebno više od 18 mjeseci da tim ronioca začepi sve rupe na trupu. Korišteno je tisuće hrastovih klinova da se začepi rupe starih i zahrđalih čavala. Otvori za topove bili su zatvoreni drvenim poklopcima stegnutim za trup broda. Na krmi i na pramcu su izgrađeni vodonepropusni zidovi kako bi se spriječilo prodiranje mora u trup. Oko trupa se postavila čelična konstrukcija kako bi se ojačao trup. Olakšavanje broda od težina postignuto je čišćenjem gornje palube od mulja i krhotina. Među krhotinama pronađeni su brojni predmeti kao novčići, osobne stvari, alati i kosti ljudi koji su bili na brodu tijekom nesreće. Napravljeni su svi preduvjeti da se započne sa završnim podizanjem. [19]

#### **4.3.1. Završno podizanje**

Brod je postavljen na mjesto s kojeg je moglo biti obavljeno posljednje podizanje. Na pontone su postavljene jake dizalice koje su bile spremne za izvlačenje podrtine. Posljednje pripreme prije završnog podizanja napravljene su početkom travnja 1961.



godine. U ponedjeljak 24. travnja 1961., tisuće ljudi okupljeno na obali Kastellholmsvikena nestrpljivo je iščekivalo na početak podizanja. Interes je bio velik te se događaj prenosio putem svih švedskih medija po cijeloj Europi. Došlo je i preko 400 inozemnih gostiju da isprati ovaj povijesni trenutak. Zanimanje za jedrenjakom „Vasom“ bilo je veće nego prilikom njegovog prvog putovanja u 17. stoljeću. Iza 9 sati je prvi erodirani komad crnog hrasta probio površinu vode i ugledao svjetlost po prvi put nakon 333 godine. Taj dan ima povijestan značaj za većinu Šveđana tako da i dan danas mnogi pamte gdje su se nalazili u tom trenutku. Ubrzo su izronile isklesane glave ratnika, da bi potom bili vidljivi i obrisi cijelog trupa. [19]



**Slika 17. Prvi dijelovi trupa izlaze na površinu [19]**

Nakon podizanja „Vasa“ na površinu trebalo je ispumpati još tisuće tona mulja i vode kako bi brod u potpunosti isplivao. Korištene su B-200L pumpe, koje su brže izbacivale vodu iz trupa nego što je voda prodirala unutra. Ronioci su zatvorili posljednje

otvore u trupu i „Vasa“ je konačno mogao sam plutati. Početkom svibnja dotegljen je do suhog doka na Beckholmenu, a zatim je otplutao na vlastitoj kobilici u pravi dok. „Vasa“ je postavljen na betonski ponton, a trup se podupro gredama. Brod i danas stoji na istom pontonu. Nakon što je konstrukcija učvršćena mogli su početi danji koraci iskopa i očuvanja. Nakon šest godina, dugo spašavanje „Vasa“ je napokon bilo gotovo i od tada započinju radovi na restauraciji i konzervaciji. [16]



Slika 18. Završno podizanje [19]

#### 4.4. DALJNJA POSTUPANJA S PODRTINOM

Čak i prije provođenja same akcije spašavanja jedrenjaka „Vasa“, stručnjaci su istraživali metode očuvanja trupa nakon izvlačenja. Istraživanja su obuhvatila nekoliko tehnika očuvanja, a ispitana je i sama čvrstoća plovila da se otkrije je li spašavanje uopće izvedivo. U početku interes je bio više okrenut prema strukturi broda i arheološkim aspektima nego za trajno očuvanje. Dijelila su se razna mišljenja stručnjaka vezano za spašavanje trupa „Vasa“. U istraživanju su sudjelovale mnoge vladine istraživačke ustanove, javne institucije te privatne tvrtke. Zajednički cilj istraživanja bio je pronalazak najbolje metode za očuvanje trupa broda. S obzirom na to da je „Vasa“ predstavljao najveći podvodni drveni trup ikad pronađen bio je to vrlo zahtijevan zadatak. Kako se

radilo o drvenom brodu, 90 % napravljenog od hrasta, sušenje je predstavljalo glavni problem. Kada bi se drvo osušilo promijenile bi se dimenzije trupa te je moglo doći do pucanja i kolapsa kompletne strukture trupa. [19]

Nakon što je brod izvučen i odveden u dok brojni timovi su pristigli na brod svaki sa svojim ciljem. „Vasa“ je bio izazov za arheologe jer nikad nisu imali mogućnost istraživati tako veliku strukturu s većinom svog izvornog sadržaja koji je bio gotovo netaknut. Međutim, uvjeti za rad bili su vrlo složeni jer je brod trebao biti konstantno mokar da se izbjegne prijevremeno sušenje, a time i pucanje drva. Trup se neprestano prskao vodom prva dva tjedna, bez prestanka. U početku se koristila slatka voda za održavanje vlažnosti dok su arheolozi proučavali trup. Kasnije je korištena morska voda na vanjskoj strani trupa jer mjesna infrastruktura nije imala kapacitet za toliku potrošnju slatke vode. Prosječan volumen korištene vode iznosio je oko 20 000 litara u minuti s ciljem da se trup temeljito očisti, a spriječi naglo sušenje. [16]

#### **4.4.1. Konzervacija**

Nakon što je trup očišćen od mulja započelo se s konzervacijom. Prvo se uzeo u obzir odabir metode konzerviranja s obzirom na vrstu materijala i njegovo stanje. Lars Barkman, kao jedan od vodećih stručnjaka, dobio je zadatak da razvije metodu konzervacije jedrenjaka „Vasa“. Trebao se odlučiti za prihvatljiv tretman za procijenjeno 700 m<sup>3</sup> natopljenog drvenog trupa. Dva najkritičnija problema bila su truljenje i stabilizacija očuvanja oblika broda. Brodsko drvo pod utjecajem zraka trebalo je održavati mokrim da se izbjegne sušenje i deformacija. Također se drži važnim čuvati drvo na hladnom i tamnom mjestu. Za većinu glomaznih drvenih konstrukcija, jedan od sustava koji radi na principu raspršivanja vode, se ispostavilo kao optimalno rješenje, s obzirom na izvedivost i ekonomičnost. [16]

Odluka je pala da će se koristiti polietilen glikol (PEG). Međutim, utrošeno je puno vremena u istraživanje načina konzervacije sve dok konzervacija nije započeta u travnju 1962. Trup je do tada bio očišćen pa je i proces konzervacije mogao početi. Prvotno je korišten PEG 1450, a kasnije PEG 600 s jednako zadovoljavajućim rezultatima i povećanom apsorpcijom. PEG se površinski nanosio ručnim prskanjem ili četkama. Prednosti ove kemikalije su netoksičnost, niske sigurnosne mjere, relativno jeftin i lako dostupan. Jedini nedostatak je dugotrajan proces korištenja za dobivanje željenih rezultata.



Tretman očuvanja primjenjivao se svaki dan, jednom dnevno, kada bi tim od petoro ljudi prskao kompletan trup i za to im je trebalo pet sati. Kasnije je proces automatiziran i postavljen je automatski sustav prskanja. Otopina konzervansa pumpama je iz spremnika od 3000 litara raspršena cijevima na tri razine izvana i unutra. Brod je prskan ovom kemikalijom 17 godina nakon čega je uslijedio polagano sušenje sljedećih 9 godina. [16]



**Slika 19. Nanošenje kemikalija na trup broda [19]**

Glavna svrha ovog tipa konzervacije je odgoditi sušenje drva i zadržati 95 % vlažnosti. Ovo je prvi put da se spominje ova metoda zaštite i očuvanja mokrog drva. Od tada PEG se i dalje koristi kao učinkovita metoda konzervacije. Godine 1979. prskanje je potpuno obustavljeno. U sljedećim godinama slijedi potpuno sušenje jer se vlažnost zraka snižava s 95 % na 60 %. Površina drva je obrađena završnim slojem PEG-a za fizičku zaštitu trupa. Godine 1990. brod se premješta u novoizgrađenu zgradu muzeja te se konzervacija smatra završenom.

#### **4.4.2. Kontinuirano propadanje**

„Vasa“ je od 1990. premješten u novi muzej te se smatralo da je konzerviranje broda gotovo. Muzej je opremljen specijalnim sustavom za klimatsku kontrolu zraka oko broda. Međutim, sustav nije prilagođen za mnogobrojne posjetitelje te vlažnost zraka značajno varira. Prvi problemi nastupaju 2000. godine kada se željezo iz drva spaja s vlagom i na površinu broda izbijaju bijele i žute mrlje i naslage. Nova studija pokazala je da je trup značajno oslabio te je drvo izgubilo značajke u iznosu od 40 % od značajki hrastovine te je postalo jako kiselo. Niska pH vrijednost, odnosno kiselost, glavni je uzrok smanjene mehaničke čvrstoće trupa. [19]

Mehanička čvrstoća drva temelji se na celuloznim vlaknima, a truljenje tih vlakana rezultat je slabljenja trupa „Vasa“. Smatralo se da željezo iz brodske konstrukcije u kombinaciji s kisikom ubrzava kemijske reakcije propadanja celuloze. Stoga se razvila metoda za uklanjanje željeza iz drva. Obnova je bila vrlo uspješna ali spora. Osim smanjenja koncentracije željeza u samom drvu počela je i zamjena vijaka iz 1960-ih. Oni su postavljeni da se poveća konstrukcijska stabilnost broda tijekom podizanja. Bili su to vijci od mekog čelika postavljeni u izvorne rupe, međutim s vremenom su korodirali i brod se počeo deformirati. Postavljeni su novi čelični vijci otporni na koroziju, posebno dizajnirani za trup „Vasa“ i 50 % lakši da se smanji ukupna težina broda. Također 2004. muzej je nadgradio sustav kontrole klime, osiguravajući kontrolirane uvjete cijele godine od 53 +/- 2 % vlažnosti zraka i temperature od 18,5 +/- 1,5 °C. to predstavlja vrlo važnu mjeru za stabilizaciju strukture i kemijskih reakcija u drvu. [9]

„Vasi“ ne prijete rizik od potpunog strukturnog kolapsa, ali se trup svake godine deformira za nekoliko milimetara. Studije praćenja kemijskih i mehaničkih promjena su nastavljene te se planiraju radovi oko nove potporne konstrukcije. Nova konstrukcija sastoji se od unutarnjih i vanjskih nosača. Trenutnih 17 pari vanjskih nosača zamijenit će se s 27 novih za dodatnu stabilizaciju trupa. Kako se očekuje i nova težina nosača bit će potrebno ojačati i betonski pod u muzeju. Kako se budu razvijala nova znanja o ponašanju drva tijekom vremena tako će se primjenjivati na „Vasi“ kao bi se očuvala za što više generacija. [19]

## **5. UTJECAJ I NASLIJEĐE SPAŠAVANJA**

Ovo poglavlje donosi ostavštinu spašavanja jedrenjaka „Vasa“. Njegovo spašavanje i uspješna konzervacija imalo je značajan utjecaj i doprinos, kako za Švedsku tako i za čitav svijet. Povijesni doprinos očituje se kroz bolje razumijevanje života ljudi toga doba. Pomaže i u razumijevanju brodogradnje početkom 17. stoljeća s obzirom na to da nisu postojali očuvani planovi gradnje broda. Spašavanje je potaklo i razvijanje novih tehnika očuvanja natopljenog drva i uklanjanje željeza iz drva. Uspješno očuvanje broda omogućilo je svima da svjedoče veličanstvenosti broda u muzeju „Vasa“, time se proširila i turistička ponuda Stockholma. „Vasa“ svojom raskošnom pojavom daje inspiraciju brojnim umjetnicima, redateljima i piscima da stvaraju djela po uzoru na „Vasa“. I još jedan važan utjecaj jedrenjaka „Vasa“ je promjena švedskih zakona i pružanje mogućnosti vraćanja u život nekih drugih brodskih podrtina.

### **5.1. DOPRINOS SPAŠAVANJA**

Operacija spašavanja podrtine jedrenjaka „Vasa“, jednog od najpoznatijih brodova švedske povijesti, predstavlja jedinstveni pothvat i doprinosi očuvanju svjetske kulturne baštine. Akcija koja je uspješno provedena 1960-ih značajno je utjecala na sve grane života. Spašavanje je imalo značajan doprinos u svim pogledima od povijesti do prirodnih znanosti. Doprinos spašavanja najviše se očituje kroz:

1. Povijest
2. Arheologiju
3. Brodogradnju
4. Prirodne znanosti
5. Turizam
6. Kulturu

#### **5.1.1. Doprinos povijesti, arheologiji i brodogradnji**

Nakon spašavanja „Vasa“ bilo je potrebno angažirati brojne stručnjake iz različitih područja. Nacionalni pomorski muzej koji je bio zadužen za proces očuvanja imao je na raspolaganju samo mornaričke časnike, povjesničare pomorstva i bivše zapovjednike. Stoga je bilo nužno zaposliti još ljudi s ciljem boljeg očuvanja broda. Angažirani su

arheolozi, etnolozi i umjetnički stručnjaci bez pretežitog znanja o pomorskoj tehnici i povijest. Stoga oporavkom „Vasa“ odmaklo se od stajališta kao samo povijesnog nalazišta već su sve grane zastupljene u spašavanju. [19]

S povijesne strane „Vasa“ predstavlja spomenik povijesne baštine koji pruža neprocjenjive spoznaje povijesnog karaktera. Uz trupa broda sačuvani su brojni artefakti i osobni predmeti posade koji pobliže opisuju život na brodu. Osim odjeće, hrane i brodskog alata ronionci su također pronašli materijale za izradu cipela. Ta činjenica može dovesti do zaključka da su mornari imali slobodnog vremena za izučavanje drugih zanata. Pronađena je također, cjelovita odjeća što ukazuje na modu radničke klase toga doba. [16]

„Vasa“ je osim povjesničarima dodijeljen na istraživanje i arheolozima. Oni su svoje metode pronalaska na kopnu počeli primjenjivati i pod vodom. Pomorska arheologija odnosi se na iskopavanje podrtina odnosno na razotkrivanje podrtina. U praktičnom pogledu to uključuje oslobađanje podrtine od onog što nije ključno za njeno ispitivanje, u što spadaju mulj, pijesak, glina. Od očuvanja jedrenjaka „Vasa“ pomorski objekti ili olupine počinju se tretirati kao arheološke nalaze te je nezamisliva akcija spašavanja bez angažmana arheologa.

Osim kod povijesti i arheologije, spašavanje jedrenjaka „Vasa“ imalo je utjecaj i na brodogradnju. „Vasa“ predstavlja primjer dizajna broda 17. stoljeća o kojem se tada malo znalo. Stoga dizajn „Vasa“ ima veliku vrijednost u razumijevanju brodogradnje toga doba. Nisu postojali nikakvi nacrti brodova prve polovice 17. stoljeća jer su se tada brodovi gradili bez pisanog plana gradnje nego po znanju i iskustvu brodograditelja direktno iz glave. Prvi grafički nacrti gradnje brodova pojavljuju se tek krajem 17. stoljeća. [16]

### **5.1.2. Doprinos u znanosti**

Iako je trup na prvu izgledao očuvan u izvrsnom stanju kada se podrtina podigla s morskog dna, stanje se uvelike pogoršalo dok je brod bio izložen u muzeju. Problem je bio u korištenim tretmanima stabilizacije drva nakon spašavanja. U tretmanima je korištena otopina natrijeva borata i borne kiseline za optimizaciju pH vrijednosti, s polietilen glikolom koji je bio zamjena za vodu u procesu sušenja i sprječavao savijanje drva. Rezultat korištenja tih kemikalija bio je porast kiselosti drva i izbijanje sulfite soli na površinu trupa, što je predstavljalo novi problem u očuvanju broda. Problem stvara

sumporovodik koji proizvode bakterije u natopljenom drvu. Tretman konzervacije je smanjivao kiselost u početku, ali naknadna oksidacija sumpora u prisutnosti željeza povećala je ukupnu kiselost trupa. Ovaj problem tražio je dodatna istraživanja u metodama konzervacije i bolje razumijevanje kemijskih procesa. [8]

Rješenje problema ponudilo je Sveučilište u Kentu koje pomnije objašnjava proces oksidacije i razvija novi tretman neutraliziranja kiselosti. Tim znanstvenika radi na projektu abiotska proizvodnja kiseline u arheološkom drvetu natopljenom vodi i strategiji sanacije u razdoblju od 2009. do 2011. godine. Fokus je stavljen na rješavanje problema sumpora i uklanjanje željeza iz drva. Stručnjaci su razvili detaljne kemijske mehanizme. Sulfati koji su prisutni u morskoj vodi reagiraju s bakterijama i proizvode sumporovodika, koji kroz daljnje spajanje sa željezom formiraju željezne sulfide. Oni po prirodi nisu naročito štetni, ali vađenjem drva iz mora nastaju nove reakcije, u doticaju sa zrakom oksidiraju i formiraju sumpornu kiselinu koja negativno utječe na drvo. Znajući tu spoznaju, znanstvenici osmišljavaju alternativne metode očuvanja drva. Okreću se istraživanju sinkrotronskog snopa i njegovog učinka na očuvanje drva. Ispitivanja su pokazala da nano čestice stroncijevog karbonata, u otopini izopropanola, reduciraju inherentnu kiselost i stalnu kiselost reduciranja sumporovih spojeva. Nove tehnike tretmana primijenjene su na konzervaciji „Vasa“ i „Mary Rose“ i imaju značajno postignuće. Nove tehnike trajno stabilizira natopljeno drvo, sprječavajući kontinuirano propadanje i nemaju potrebe za dodatnim metodama. [8]

Osim doprinosa u razvijanju tehnika konzervacije i očuvanja natopljenog drva, spašavanje „Vasa“ imalo je doprinos u razumijevanju ljudskog tijela prije 400 godina. Prilikom spašavanja nađeno je dosta kostiju u jako dobrom stanju. Studijom analize kostiju otkriveno je da su kosti pripadale ukupno 17 različitih ljudi, uglavnom muškaraca. Detaljnijom analizom kostiju dobio se uvid života čovjeka, od informacija što su ljudi jeli do bolesti koje su bile uobičajene za to vrijeme. DNK analiza otkriva da je većina imala uravnoteženu prehranu od ribe i mesa, ali sa značajnom manjkavosti vitamina C, što je zapravo bilo uobičajeno za pomorce. Daljnja analiza iskazuje prosječnu visinu čovjeka od 1,66 metara, značajno manje nego danas, kao posljedicu ne adekvatne prehrane u djetinjstvu. [24]

### 5.1.3. Doprinos u turizmu

Spašavanje „Vasa“ osim značajnog doprinosa u razumijevanju života i brodogradnje u 17. stoljeću, imalo je i značajan doprinos u turizmu. To se najbolje očituje kod otvaranja muzeja „Vasa“. Muzej koji je otvoren 1990. godine i ubrzo je postao jedan od najpopularnijih muzeja u Švedskoj s otprilike 1.5 milijuna posjetitelja godišnje. Muzej predstavlja sjećanje na opsežne napore poduzete da se očuva „Vasa“ kao pomorsko blago. Pruža posjetiteljima uvid na kompletnu veličanstvenost restauriranog broda. Osim samog trupa, koji je sačuvan u 95 % izvornog materijala, kroz interaktivni sadržaj, daje se uvid u konstrukciju, detalje kobnog putovanja te proces spašavanja. Pružena je jedinstvena prilika uživanja u raskoši pomorske arhitekture. Važnost arhitekture proizlazi iz brojnih mitoloških figura, očuvanih artefakata i ukrašenih topova. [19]



Slika 20. Muzej „Vasa“ izvana [19]

Muzej „Vasa“ omogućava povratak u prošlost. Daje uvid život ljudi koji su ga gradili i mornara koji su plovili njime. Dostupne su opširne informacije o posadi, dnevnim rutinama na brodu i izazovima koje su mučili tadašnje pomorce. Zanimljivi izložci pružaju doživljaj života na brodu, od replika mornarskih uniforma do proučavanja teškoća koje su

morile posadu za vrijeme dugih putovanja. Brod je pomno restauriran kako bi se što bolje dobio uvid u različite palube i časničke kabine, za lakše razumijevanje dizajna toga vremena. Obilaženjem muzeja osjeti se duh života 17. stoljeća. [19]

Osim samog muzeja „Vasa“, doprinos u turizmu se očituje kroz brojne suvenire inspirirane jedrenjakom „Vasa“. „Vasa“ je tako glavni motiv za brojne majice, šalice, magnete, postere i igračke koje se prodaju. Također su izrađene i replike predmeta kao što su čaše, tanjuri, žlice, izrađene od predmeta pronađenih tijekom spašavanja. „Vasa“ ima i internacionalnu popularnost te izlazi iz okvira Švedske. Godine 1991. replika broda izgrađena je u Tokiju kao turistička atrakcija za razgledavanje s kapacitetom oko 650 putnika. [12]

#### **5.1.4. Kulturni doprinos**

Priča jedrenjaka „Vasa“, od gradnje i prvog putovanja do spašavanja i konzervacije, inspiracija je mnogim ljudima. „Vasa“ sa svojom zanimljivom pričom bio je tema stotinama knjiga, radova i članaka, bilo da pričaju o povijesti, brodogradnji, pomorskoj arheologiji, obradi mokrog drva ili kulinarstvu. Napisane su i brojne slikovnice i dječje knjige s „Vasom“ u glavnoj ulozi. Tema jedrenjaka „Vasa“ potaknula je snimanje dva kraća dokumentarna filma na 16 različitih jezika, kako bi se ljudima поближе objasnio 400 godina dug život jedrenjaka. Krajem 2011. snimljen je i treći film s dužom radnjom i znatno izdašnjim budžetom za snimanje.

„Vasa“ je potaknuo i stvaranje računalne igrice obrazovnog karaktera kako bi se поближе objasnio temelj gradnje broda i određivanja stabilnosti brodova iz 17. stoljeća. „Vasa“ je bio inspiracija i za mnoge umjetnike. Brojna umjetnička djela, slike, makete, crteži, nastali su s ciljem veličanja priče jedrenjaka „Vasa“. Također, „Vasa“ pronalazi svoje mjesto i u poduzetništvu kroz „Vasin“ sindrom. On predstavlja gradnju jedrenjaka „Vasa“ kao loš i neorganiziran posao, pa ga mnogi menadžeri uzimaju kao dobar edukativni primjer za lošu organizaciju uspješnog posla. [12]



## 5.2. INSPIRACIJA ZA DALJNJA ISTRAŽIVANJA I SPAŠAVANJA

„Vasa“ kada je spašen 1961. postaje primjer dobro očuvane kulturne baštine u Baltičkom moru i prilika amaterskim ronjocima. Drugom polovicom 20. stoljeća počinje širenje amaterskog ronjenja u Švedskoj, a stare olupine predstavljaju potencijalne škrinje s blagom. Bile su lako dostupne i gotovo bez vlasnika pa su bile popularne za istraživanje. U to doba zakonski vlasnik olupine bi bio pronalazač osim u slučaju javljanja pravog vlasnika. Tako je i Anders Franzén bio zakonski vlasnik „Vasa“, kao njen pronalazač, u slučaju da se mornarica odrekla vlasništva. Međutim obje strane su imale isti cilj spašavanja i očuvanja podrtine jedrenjaka „Vasa“. [20]

Stvorila se potreba za boljim očuvanjem kulturne baštine. Niz stručnjaka i arheologa pisali su vladi s ciljem zaštite brdskih olupina starijih od sto godina. Bilo je potrebno usvajanje novog zakona za očuvanje podvodne kulturne baštine. Donesen je novi zakon u travnju 1967. kojim olupine starije od sto godina, bez vlasnika, postaju vlasništvo države. Sličan zakon usvojile su i ostale baltičke države s ciljem očuvanja podvodnih nalaza. Tako su se zaštitila sva plovila starija od sto godina i to računajući od godine gradnje broda, a ne od potonuća.

Godine 1989., išlo se i korak dalje u očuvanju olupina te je donesen još jedan zakon o kulturnim spomenicima. Po novom zakonu sve brodske olupine starije od sto godina tretiraju se kao antički spomenici, a ne kao pokretna imovina. Brodske olupine se tako u slučaju da su napuštene smatraju antičkim spomenicima, a predmeti koji se nalaze oko olupine ili pripadaju olupini dobivaju status arheološkog nalazišta. Međutim mnoga plovila i dalje imaju svoje vlasnike te ne mogu dobiti ovaj status. [20]

Isto tako se propisuje da vlasnik mora zatražiti suglasnost države prije bilo kakve akcije spašavanja, premještanja, preinaka na svojoj olupini. U slučaju da se radi o olupini značajne povijesne i kulturne vrijednosti zahtijevaju se posebne mjere tretiranja olupine. Ako vlasnik nema adekvatne mogućnosti i resurse za cjelovito pomorsko arheološko istraživanje, dokumentaciju procesa i učinkovitu konzervaciju, to može biti razlog za zabranu poduzimanja bilo kakvih radnji vezano za olupinu. [20]



Spašavanje jedrenjaka „Vasa“ tako je imalo i utjecaj na švedske zakone. Doneseni su brojni novi propisi za zaštitu podvodne kulturne baštine. To je omogućilo daljnja istraživanja baltičkog podmorja kako bi se zaštitilo ostale olupine. Ovim potezom donosi se mogućnost nekih budućih akcija spašavanja olupina s ciljem rekonstrukcije njihovih priča i otkrivanju novih spoznaja.

## 6. ZAKLJUČAK

Potonuće jedrenjaka „Vasa“ i dalje se smatra jednim od najtragičnijih događaja u povijesti švedske ratne mornarice. Umjesto simbola moći i raskoši „Vasa“ je postao simbol tragičnog potonuća. Zbog složenosti izgradnje i ishoda plovidbe neki ga nazivaju i švedskim Titanikom. Proces njegova spašavanja nije bio lak zadatak. Zahtijevao je brojne napore i angažman velikog spektra stručnjaka. Svaki korak spašavanja bio je složen i nepredvidiv. Od same akcije spašavanja i podizanja olupine s morskog dna do očuvanja i konzervacije broda nakon spašavanja. Svi ti napori uloženi su s ciljem da se „Vasu“ pruži novi život i upozna javnost s tragičnom, ali isto tako jako zanimljivom životnom pričom jedrenjaka „Vasa“.

Ovaj diplomski rad istražuje metodologiju spašavanja jedrenjaka „Vasa“, kao jedinstveni pomorski i arheološki spomenik. Prepoznati su ključni čimbenici koji su doveli do uspješnog spašavanja, uključujući dostupne resurse i tehnologiju, stanje podrtine i zakonske smjernice. Proučavanjem i analizom metodologije spašavanja jedrenjaka „Vasa“, ističe se važnost kvalitetne suradnje inženjera, arheologa, ronionca i drugih stručnjaka sa svrhom očuvanja i zaštite povijesnog i kulturnog naslijeđa. Metodologija spašavanja prilagođena je specifičnoj situaciji i osjetljivosti strukture na vanjske utjecaje.

Uspješnom integracijom tradicionalnije tehnike spašavanja s modernijom tehnologijom i opremom korištenoj u akciji spašavanja te novim otkrićima u tehnikama konzervacije, omogućeno je uspješno spašavanje i očuvanje jedrenjaka „Vasa“ za buduće naraštaje. Ipak, naglašava se potreba za strateškim planiranjem, odgovornim vođenjem i adekvatnim nadzorom spašavanja, s ciljem minimiziranja mogućih rizika po olupinu i timove angažirane u spašavanje.

Na kraju, priča jedrenjaka „Vasa“ ispričana kroz ovaj rad stvara temelje za danja istraživanja i spašavanja. Razvojem moderne tehnologije i tehnika spašavanja pružaju još lakši način lociranja i spašavanja sličnih nalaza. Jedrenjak „Vasa“ je tako otvorio put i drugim olupinama da budu spašene i da se ispriča njihova priča, ističući važnost očuvanja pomorskog kulturnog naslijeđa kao značajnog dijela svjetske kulturne baštine.

## LITERATURA

- [1] Dhanak, M. R., & Xiros, N. I. (2016). Springer Handbook of Ocean Engineering (1.). Springer International Publishing : Imprint: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16649-0>
- [2] Ekdahl, S. (2016). A Study of the Rich History of the Baltic Sea Countries. Fasciculi Archaeologiae Historicae, 29, 25–30. Retrieved from <https://journals.iaepan.pl/fah/article/view/2039>
- [3] Freckelton I. The 1628 „Vasa“ Inquest in Sweden: Learning Contemporary Lessons for Effective Death Investigation. J Law Med. 2018 Dec;26(2):285-299. PMID: 30574717.
- [4] Karamarko, D. (2020). Tehnologija spašavanja i dizanja brodova i objekata s morskog dna (Diplomski rad). Split: Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:908645>
- [5] Kvarning L-A, Ohrelius B. *The „Vasa“: The Royal Ship*. Atlantis; 1998. Accessed May 7, 2024. [https://archive.org/details/„Vasa“\\_royalship0000kvar](https://archive.org/details/„Vasa“_royalship0000kvar)
- [6] 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.
- [7] Rose, Kelby James (2014). The Naval Architecture of „Vasa“, a 17th-Century Swedish Warship. Doctoral dissertation, Texas A & M University. Available electronically from <https://hdl.handle.net/1969.1/153363>.
- [8] Sandström, Magnus, et al. "13 The sulphur threat to marine archaeological artefacts: acid and iron removal from the „Vasa“." *Energy (eV)* 2465.2475 (2002): 2485.
- [9] „Vasa“ museet, Kungl Tekniskahögskolan. Proceedings : Shipwrecks 2011, 18-21 October, Stockholm: Chemistry and Preservation of Waterlogged Wooden Shipwrecks : 18-21 October, Stockholm, Royal Institute of Technology. (Ek M, ed.). „Vasa“ museet; 2011. Accessed May 7, 2024. <http://shipwrecks2011.com/conference-proceedings/>
- [10] Vidan, P. (2013.). Spašavanje na moru (nastavni materijali); Split: Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet.
- [11] <https://navalhistoria.com/„Vasa“/> (pristupljeno: 15.04.2024.)
- [12] [https://military-history.fandom.com/wiki/„Vasa“\\_\(ship\)](https://military-history.fandom.com/wiki/„Vasa“_(ship)) (pristupljeno: 17. 04. 2024.)
- [13] <https://en.advisor.travel/poi/„Vasa“-ship-1403> (pristupljeno: 12. 04. 2024.)

- [14] <https://www.thearchaeologist.org/blog/the-story-of-„Vasa“-the-epic-17th-century-swedish-warship-that-sank-20-minutes-into-her-voyage> (pristupljeno: 09. 04. 2024.)
- [15] <https://www.hhhistory.com/2023/05/the-swedish-warship-„Vasa“-part-one-its.html> (pristupljeno: 05. 05. 2024.)
- [16] <https://www.abc.se/~pa/publ/„Vasa“.htm> (pristupljeno: 29. 04. 2024.)
- [17] <https://lostfort.blogspot.com/2015/08/raising-wreck-„Vasa“-museum-in-stockholm.html> (pristupljeno: 17. 04. 2024.)
- [18] <https://jamesedyrn.wordpress.com/tag/fred-hocker/> (pristupljeno: 02. 04. 2024.)
- [19] <https://www.„Vasa“museet.se/en> (pristupljeno: 22. 04. 2024.)
- [20] <https://www.abc.se/~m10354/publ/griselle.htm> (pristupljeno: 15. 04. 2024.)
- [21] Navy, U. S. "US Navy salvor's handbook." Washington, DC: Naval Sea Systems Command and JMS Publishing (2000).
- [22] Hancox, D., Reed's Commercial Salvage Practice, USA 1987.
- [23] <https://www.simscale.com/blog/„Vasa“-ship-sank/> (pristupljeno: 20. 05. 2024.)
- [24] <https://thevikingherald.com/article/top-5-viking-attractions-in-the-orkney-islands/744> (pristupljeno: 13. 05. 2024.)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Švedska između 1560.-1815. [12].....	3
Slika 2. Maketa izgradnje jedrenjaka „Vasa“ u brodogradilištu „Skeppsgården“ [15] .....	6
Slika 3. Top jedrenjaka „Vasa“ izložen u muzeju [19].....	8
Slika 4. Ukrašena krma broda [14] .....	9
Slika 5. Putovanje jedrenjaka „Vasa“ od 1626. do 1628. [14] .....	11
Slika 6. Potonuoće jedrenjaka „Vasa“ [18].....	12
Slika 7. Ilustracija koja prikazuje kako točka težišta prati pomak težina na brodu [23] .....	13
Slika 8. Model potonuća „Vase“ [19] .....	15
Slika 9. Ilustracija iskopavanja tunela [22] .....	23
Slika10. Ilustracija principa rada zračnih dizala [22] .....	27
Slika 11. Tehnologija spašavanja 17. Stoljeća [12] .....	29
Slika 12. Ilustracija ronilačkog zvona [19] .....	31
Slika 13. Uzorak crnog hrasta [19] .....	33
Slika 14. Model koji prikazuje metodologiju spašavanja „Vasa“ [14] .....	37
Slika 15. Izvlačenje topa 1958. [16] .....	38
Slika 16. 18 koraka podizanja podrtine [14] .....	39
Slika 17. Prvi dijelovi trupa izlaze na površinu [19] .....	40
Slika 18. Završno podizanje [19].....	41
Slika 19. Nanošenje kemikalija na trup broda [19] .....	43
Slika 20. Muzej „Vasa“ izvana [19] .....	48

## POPIS KRATICA

kg	kilogram
L	litra
PEG ( <i>engl. Polyethyleneglycol</i> )	Polieliten glikol
tzv.	takozvani
cm	centimetar
pH ( <i>lat. potentialhydrogeni</i> )	Snaga vodika (mjera kiselosti)
C	Celzijus
DNK ( <i>engl. deoxyribonucleicacid</i> )	Deoksiribonukleinska kiselina
mm	milimetara
m	metara
min	minuta