

Održavanje broda

Starčić, Paolo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:429047>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-01**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

PAOLO STARČIĆ

ODRŽAVANJE BRODA

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**ODRŽAVANJE BRODA
SHIP MAINTENANCE**

**ZAVRŠNI RAD
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Održavanje broda

Mentor: prof. dr. sc. Renato Ivče

Komentor: Antonio Blažina mag. ing.

Student: Paolo Starčić

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112083712

Rijeka, rujan 2024.

Student: Paolo Starčić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112083712

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom
Održavanje broda
(*naslov završnog rada*)

izradio/la samostalno pod mentorstvom
prof. dr. sc. Renato Ivče
(*prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime*)

te komentorstvom Antonio Blažina mag. ing.

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____
(*naziv tvrtke*).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica

Paolo Starčić

(*potpis*)

Ime i prezime studenta/studentice

Student: Paolo Starčić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112083712

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica – autor

Paolo Starčić
(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

SAŽETAK

U ovom radu je prikazano održavanje trupa broda s naglaskom na metode i tehnike koje osiguravaju dugotrajnost, operativnu učinkovitost i sigurnost plovidbe. Održavanje trupa broda obuhvaća niz aktivnosti kao što su čišćenje, premazivanje, popravci i kontrola korozije a sve s ciljem očuvanja operativne sposobnosti i sigurnosti plovila. Posebna pozornost posvećena je utjecaju održavanja trupa na performanse broda, ekonomsku efikasnost, sigurnost plovidbe i zaštitu okoliša. Učinkovito održavanje također sprječava oštećenja i koroziju, što doprinosi sigurnosti broda i njegovoj dugovječnosti. Pravilna zaštita od korozije, kao i upravljanje biološkim obraštajem, neophodni su za očuvanje strukturalne integriteta broda, što je bitno za njegovu stabilnost i upravljivost. U radu su prikazane različite vrste pregleda trupa broda što uključuje redovite, postupne i izvanredne preglede kao i preglede podvodnog dijela trupa broda. Posebno su važni pregledi podvodnog dijela trupa, koji se mogu provoditi na suhom ili u vodi, ovisno o vrsti broda i njegovoj starosti. Održavanje trupa broda tijekom eksploatacije podrazumijeva kontinuirane aktivnosti poput čišćenja podvodnog dijela, zaštite od korozije, redovitih inspekcija i praćenja performansi. Održavanje trupa broda je složen i nužan proces koji zahtijeva stalnu pažnju i primjenu suvremenih tehnika i materijala kako bi se osigurala dugovječnost, sigurnost i ekonomska isplativost plovila tijekom njegove eksploatacije.

Ključne riječi: antikorozivni premazi, katodna zaštita, korozija, održavanje broda, premazivanje trupa, zaštita od korozije.

SUMMARY

This paper presents the maintenance of the ship's hull with an emphasis on methods and techniques that ensure longevity, operational efficiency and safety of navigation. Hull maintenance includes a series of activities such as cleaning, coating, repairs and corrosion control, all with the aim of preserving the vessel's operational capability and safety. Special attention is paid to the impact of hull maintenance on ship performance, economic efficiency, navigation safety and environmental protection. Effective maintenance also prevents damage and corrosion, which contributes to the boat's safety and longevity. Proper protection against corrosion, as well as biological fouling management, are necessary to preserve the ship's structural integrity, which is essential for its stability and maneuverability. The paper presents different types of inspections of the ship's hull, which includes regular, gradual and extraordinary inspections as well as inspections of the underwater part of the ship's hull. Inspections of the underwater part of the hull are particularly important, and can be carried out on land or in water, depending on the type of ship and its age. Maintenance of the ship's hull during exploitation implies continuous activities such as cleaning the underwater part, corrosion protection, regular inspections and performance monitoring. Maintenance of the ship's hull is a complex and necessary process that requires constant attention and the application of modern techniques and materials in order to ensure the longevity, safety and economic profitability of the vessel during its exploitation.

Keywords: anti-corrosion coatings, cathodic protection, corrosion, ship maintenance, hull coating, corrosion protection.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	2
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	3
2. ODRŽAVANJA TRUPA BRODA	4
2.1. DEFINIRANJE ODRŽAVANJA TRUPA BRODA	4
2.2. FUNKCIJE ODRŽAVANJA TRUPA BRODA.....	5
2.2.1. Redovni pregled trupa broda.....	6
2.2.2. Postupni pregled trupa broda.....	8
2.2.3. Pregled podvodnog dijela trupa broda	9
2.2.4. Ostali pregledi.....	12
3. ODRŽAVANJE TRUPA BRODA TIJEKOM EKSPLOATACIJE	14
4. ZAŠTITA TRUPA BRODA OD KOROZIJE I OBRAŠTANJA	16
4.1. KOROZIJA NA BRODSKOM TRUPU	17
4.2. OBRAŠTANJE NA BRODSKOM TRUPU	19
5. ODRŽAVANJE BRODSKOG TRUPA PREMAZIMA	24
5.1. PRIPREMA POVRŠINE ZA PREMAZE.....	24
5.1.1. Mokri postupak pripreme	27
5.1.2. Suhi postupak pripreme	29
5.1.3. Mehanička priprema	30
5.2. VRSTE I IZBOR PREMAZA ZA ODRŽAVANJE TRUPA.....	31
5.2.1. Antikorozivni premazi.....	32
5.2.2. Antivegetativni premazi.....	34
6. ZAKLJUČAK	36
LITERATURA	
KAZALO KRATICA	
POPIS TABLICA	
POPIS SLIKA	

1. UVOD

Održavanje brodova jedan je od bitnijih elemenata pomorske industrije, budući da osigurava dugotrajnost, sigurnost i operativnu učinkovitost plovila. Brodovi, kao složeni tehnički sustavi, izloženi su ekstremnim uvjetima tijekom plovidbe što uključuje koroziju, obraštanje, mehanička oštećenja i druge čimbenike koji mogu negativno utjecati na njihovu funkcionalnost. S obzirom na značaj broskog trupa u cjelokupnoj konstrukciji broda, održavanje plovila je posebno važno.

Trup broda, koji čini osnovu strukture plovila, izložen je neprestanom kontaktu s morskom vodom, solju, suncem i vjetrom, što može uzrokovati ozbiljna oštećenja ako se ne poduzmu odgovarajuće mjere zaštite i održavanja.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja odnosi se na izazove i kompleksnost održavanja broskog trupa, s naglaskom na definiranje najboljih praksi i tehnologija koje osiguravaju dugotrajnost, sigurnost i učinkovitost plovila.

Predmet istraživanja je analiza postojećih metoda i tehnika održavanja broskog trupa što uključuje primjenu antikorozivnih i antivegetativnih premaza, metode pripreme površine, kao i postupke inspekcije i popravaka. Objekti istraživanja su različite vrste brodova, njihovi trupovi i tehnički sustavi, te relevantni standardi i regulative koji definiraju postupke održavanja i zaštite brodskih konstrukcija.

Objekt istraživanja u ovom radu je trup broda.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Radna hipoteza ovog istraživanja glasi: „Primjena suvremenih antikorozivnih i antivegetativnih premaza, u kombinaciji s učinkovitim metodama pripreme površine i redovitim inspekcijama, može značajno produljiti vijek trajanja broskog trupa te smanjiti operativne troškove i ekološki utjecaj.“

Hipoteza polazi od pretpostavke da je integrirani pristup održavanju broskog trupa važan za postizanje optimalnih rezultata u pogledu dugovječnosti i operativne učinkovitosti plovila.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha ovog istraživanja je doprinos unapređenju praksi i tehnologija održavanja broskog trupa, s ciljem postizanja veće sigurnosti, ekonomičnosti i ekološke održivosti u pomorskoj industriji.

Ciljevi istraživanja su sljedeći:

- definiranje postojećih metoda i tehnika održavanja broskog trupa,
- procjena utjecaja primjene različitih vrsta premaza na dugovječnost i učinkovitost broskog trupa,
- razvoj preporuka za poboljšanje postupaka održavanja broskog trupa,
- proučavanje utjecaja ekoloških regulativa na metode održavanja broskog trupa.

1.4. ZNANSTVENE METODE

U okviru izrade ovoga rada, provest će se analiza dostupne znanstvene i stručne literature, kao i ostalih sekundarnih izvora iz relevantnog područja, s ciljem upotunjavanja teorijskog dijela istraživanja. U svrhu pronalaska istraživanja koja su relevantna za ovo područje, koristit će se svi javno dostupni internetski izvori. Tijekom izrade teorijskog dijela rada, primjenjivat će se različite metode istraživanja, uključujući metode sinteze i analize, komparacije, klasifikacije, indukcije i dedukcije te deskriptivna metoda.

Posebno se ističe induktivna metoda koja omogućava formiranje zaključaka na temelju pojedinačnih činjenica i spoznaja iz znanstvene literature. Ova metoda doprinosi oblikovanju općih zaključaka i uvida koji su relevantni za temu rada. S druge strane, deduktivna metoda se koristi za objašnjavanje postojećih činjenica, ali također omogućuje identificiranje novih spoznaja i predviđanje budućih događaja na temelju opće poznatih premisa.

Analizom se prikupljaju podaci koji omogućuju uočavanje, otkrivanje i proučavanje potrebnih znanstvenih istina, čime se omogućuje formiranje relevantnih zaključaka unutar rada.

Sintezom se pak prikupljeni podaci povezuju u jasne misaone cjeline, što olakšava razumijevanje i interpretaciju istraživanih fenomena. Metodom generalizacije omogućuje se uopćavanje prikupljenih podataka, što vodi ka formuliranju konkretnih pristupa prema problemima koji se istražuju u radu.

Ovakav metodološki pristup omogućava sustavno i sveobuhvatno istraživanje koje će rezultirati relevantnim zaključcima i doprinijeti boljem razumijevanju istraživane problematike.

1.5. STRUKTURA RADA

Završni rad je strukturno podijeljen na šest međusobno povezanih poglavlja te započinje uvodom u kojem je prikazan problem, predmet i objekti istraživanja, radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode i struktura rada.

Nakon uvoda je obrađeno poglavlje održavanja trupa broda u sklopu kojeg je definirano održavanja trupa broda i funkcije održavanja trupa broda u sklopu čega su opisani redovni pregled trupa broda, postupni pregled trupa broda, pregled podvodnog dijela trupa broda i ostali pregledi.

Kroz treće poglavlje je opisano održavanje trupa broda tijekom eksploatacije.

Kroz četvrto poglavlje je opisana zaštita trupa broda od korozije i obraštanja u sklopu čega je definirana korozija na brodskom trupu i obraštanje na brodskom trupu.

Kroz peto poglavlje je opisano održavanje brodskog trupa premazima u sklopu čega je opisana priprema površine za premaze u sklopu koje je pojašnjen mokri postupak pripreme, suhi postupak pripreme i mehanička priprema. U sklopu petog poglavlja su prikazane vrste i izbor premaza za održavanje trupa gdje su prikazani antikorozivni premazi i antivegetativni premazi.

Završni rad završava zaključkom koji je ujedno i posljednje poglavlje u završnom radu.

2. ODRŽAVANJA TRUPA BRODA

Brod predstavlja jednu složenu cjelinu koja ima mnoštvo kompleksnih konstrukcija i tehnologija.¹ Upravo iz navedenog razloga naglašava se važnost ulaganja u zaštitu brodskih kompleksa, a naročito onih koji su u direktnom dotjecanju s razarajućim efektima vode, soli, vjetra i sunca. U ovom poglavlju usmjerit će se prema definiranju održavanja trupa broda i prema vrstama održavanja.

2.1. DEFINIRANJE ODRŽAVANJA TRUPA BRODA

Održavanje trupa broda je vitalni aspekt očuvanja operativne sposobnosti i sigurnosti plovidbe plovila. Ovaj proces obuhvata širok spektar aktivnosti, uključujući čišćenje, premazivanje, popravke i kontrolu korozije. Razumjevanje značaja održavanja trupa broda zahtjeva dublju analizu različitih aspekata, uključujući utjecaj na performanse, ekonomsku efikasnost, sigurnost i zaštitu životne sredine. Održavanje trupa broda ima bitnu ulogu u optimizaciji njegovih performansi u vodi. Redovno čišćenje trupa uklanja nakupljene alge, školjke i druge organske materijale koji mogu stvoriti otpor i smanjiti brzinu kretanja broda. Osim toga, premazivanje trupa antivegetativnim premazima sprečava rast morskih organizama na površini trupa, što dalje smanjuje trenje i povećava efikasnost plovidbe.²

Održavanje trupa broda može značajno uticati na ekonomsku efikasnost operacija plovidbe. Smanjenje otpora u vodi rezultira smanjenjem potrošnje goriva, što u konačnici dovodi do smanjenja operativnih troškova. Na primjer, istraživanja su pokazala da svaki dodatni sloj antivegetativnog premaza može rezultirati uštedom goriva od nekoliko procenata tokom godine.³

Održavanje trupa broda ima direktni utjecaj na njegovu sigurnost tokom plovidbe. Redovno inspekcija trupa otkriva eventualna oštećenja ili koroziju, čime se sprečavaju potencijalni problemi koji bi mogli dovesti do nezgoda ili havarija na moru.⁴

¹ Dvornik, J., Dvornik, S. (2013). Konstrukcija broda. Split.

² Ivošević, Š. (2016). Održavanje i bezbjednost broda.

³ Jelić-Mrčelić, G. (2016). Planiranje zahvata održavanja - izrada plana održavanja.

⁴ Ibidem.

Osim toga, održavanje trupa pomaže u očuvanju strukturalne integriteta broda, što je bitno za njegovu stabilnost i upravljivost.⁵

Kontrola korozije i upotreba ekološki prihvatljivih premaza prilikom održavanja trupa broda doprinose zaštiti morskog ekosistema. Toksični materijali koji se mogu otpustiti u okolinu tokom održavanja mogu imati štetne efekte na morski život. Stoga, primjena ekoloških premaza i pravilno upravljanje otpadom iz održavanja trupa važni su koraci ka očuvanju morske životne sredine. Mnoge zemlje imaju stroge zakonske propise koji reguliraju održavanje trupa brodova radi zaštite morske sredine i sprečavanja unošenja invazivnih vrsta. Propisi često zahtijevaju redovne inspekcije, čišćenje i premazivanje trupa, kao i korištenje određenih vrsta ekološki prihvatljivih premaza.⁶

2.2. FUNKCIJE ODRŽAVANJA TRUPA BRODA

Kada se govori o održavanju broda, posebno se ističe temeljni cilj koji se nastoji ostvariti, a to je osiguranje što učinkovitije pomorsko-prijevozne usluge, pri čemu je bitno da se ta usluga izvrši na zahtijevanoj razini sigurnosti. Kako bi se ispunili ovi zahtjevi, nužno je primijeniti preventivne mjere, s ciljem izbjegavanja potencijalnih zastoja i kvarova na brodskim sustavima. Preventivno djelovanje ima bitnu ulogu u osiguravanju kontinuiteta operacija te minimiziranju neplaniranih prekida koji mogu negativno utjecati na operativnu učinkovitost.⁷

Osim toga, ukoliko dođe do kvarova, njihovo otklanjanje mora biti provedeno na način koji omogućuje optimalno korištenje raspoloživih ljudskih i materijalnih resursa, unutar zadane vremenske jedinice. Takav pristup ne samo da smanjuje vrijeme neaktivnosti broda, već i omogućuje dugoročno produljenje vijeka trajanja komponenti sustava, što rezultira smanjenjem ukupnih troškova održavanja i povećanjem operativne spremnosti broda.⁸

Održavanje broda, stoga, predstavlja složen proces koji zahtijeva pažljivo planiranje i provedbu aktivnosti, usmjerenih na očuvanje i poboljšanje funkcionalnosti svih sustava, kako bi se postigla željena razina učinkovitosti i sigurnosti u pomorskom prometu.

⁵ Ibidem.

⁶ Ibidem.

⁷ Chandler, K. A. (2009). Marine and offshore corrosion. London: Butterworths.

⁸ Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R. (2007). Održavanje broda, zaštita materijala. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci.

Održavanje trupa broda potrebno je provoditi prema jasno definiranim načelima i pravilima, koja obuhvaćaju sve aktivnosti usklađene s preporukama proizvođača opreme za pojedine brodske sustave, kao i prema zahtjevima klasifikacijskih društava i drugih relevantnih organizacija. Pregled i nadzor broda, u tom smislu, provode ovlaštene organizacije koje djeluju u ime vlade zemlje pod čijom zastavom brod plovi. Zaštita trupa, kao osnovnog strukturalnog elementa broda, jedan je od najvažnijih aspekata održavanja.⁹

Tijekom plovidbe, održavanje trupa najvećim dijelom obavlja posada palube. Prvi časnik palube ima obvezu vođenja evidencije o svim izvedenim radovima, uključujući one koje obavlja on sam i posada palube. Te se evidencije potom prosljeđuju tehničkom inspektoru, odgovornom za nadzor nad brodom. Na temelju dostavljenih izvještaja, provodi se procjena učinkovitosti održavanja, a prema dobivenim rezultatima definiraju se smjernice za daljnje aktivnosti.¹⁰ Ovakav sustavni pristup održavanju trupa osigurava dugotrajnost i sigurnost plovila, čime se doprinosi cjelokupnoj operativnoj spremnosti i učinkovitosti broda.

U nastavku rada usmjerava se prema prikazu vrsti pregleda broskog trupa, a podjela se odnosi na:

- redoviti pregled trupa broda,
- postupni pregled trupa broda,
- pregled podvodnog dijela trupa broda i
- ostale preglede.¹¹

U nastavku rada usmjerava se na opis navedenih.

2.2.1. Redovni pregled trupa broda

Redoviti pregled trupa broda obavezan je postupak kojem podliježe svaki brod, bez obzira na njegovu veličinu ili područje plovidbe, u trenutku upisa u odgovarajući upisnik Republike Hrvatske. Pregled se također provodi prije prvog stavljanja broda u službu, kada se izdaju odgovarajuće statutarne isprave u ime Ministarstva.

Pregledi se mogu obaviti odjednom ili unutar dopuštenog vremenskog razdoblja.

⁹ Ibidem.

¹⁰ Ibidem.

¹¹ Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova (2011).

Kategorizacija i vremenski okviri redovnih pregleda trupa broda su prikazani u Tablici 1.

Tablica 1. Kategorizacija i vremenski okviri redovnih pregleda trupa broda

Vrsta pregleda	Opis	Vremenski okvir	Napomene
Redovni pregled	Obvezan pregled kojem podliježe svaki brod prilikom prvog upisa u odgovarajući upisnik Republike Hrvatske, te prije početka rada kada se brodu po prvi put izdaju statutarne isprave.	Pregledi se mogu obaviti odjednom ili unutar dopuštenog vremenskog razdoblja.	Sustav postupnog pregleda trupa ne oslobađa brod od drugih redovnih pregleda, poput među-pregleda.
Godišnji pregled	Opći pregled stavki povezanih s pojedinačnom svjedodžbom, s ciljem utvrđivanja da se te stavke održavaju u zadovoljavajućem stanju prema namjeni broda.	Od tri mjeseca prije do tri mjeseca nakon godišnjice dospijeća pregleda ili svjedodžbe.	Pregled teretnog uređaja mora se obaviti najkasnije 12 mjeseci nakon prethodnog godišnjeg ili obnovnog pregleda.
Medupregled	Pregled određenih stavki koje se odnose na pojedinačnu svjedodžbu, kako bi se utvrdilo da se održavaju u zadovoljavajućem stanju prema namjeni broda.	Unutar tri mjeseca prije ili nakon druge ili treće godišnjice dospijeća pregleda ili svjedodžbe.	Pregled stavki uključenih u Svjedodžbu o sigurnosti konstrukcije teretnog broda može započeti pri drugom godišnjem pregledu i završiti do trećeg godišnjeg pregleda.

Obnovni pregled	Detaljan pregled stavki povezanih s pojedinačnom svjedodžbom, uključujući dodatne zahtjeve kao što su godišnji pregledi, ispitivanja i provjere.	Prije isteka valjanosti odnosno svjedodžbe; ako se završi unutar tri mjeseca prije isteka, nova svjedodžba izdaje se od datuma isteka prethodne.	Ako se pregled obavlja u nekoliko navrata ili ga provode različiti uredi, pregledane stavke treba evidentirati prema listi stavki trupa.
------------------------	--	--	--

Izvor: Izrada autora prema Pravilniku o brodicama, čamcima i jahtama, NN 13/2020.

Redovni pregled trupa broda predstavlja aktivnost u održavanju sigurnosti i operativnosti pomorskih plovila. Proces obuhvaća sustavnu inspekciju svih dijelova trupa broda s ciljem otkrivanja eventualnih oštećenja, korozije ili drugih nedostataka koji bi mogli utjecati na sigurnost broda tijekom plovidbe. Pregled trupa uključuje vizualnu inspekciju, mjerenje debljine stijenki trupa te provjeru stanja premaza i zaštite protiv korozije. Mjerenje debljine stijenki trupa vrši se ultrazvučnim uređajima kako bi se utvrdilo postoje li mjesta gdje je došlo do smanjenja debljine zbog korozije ili erozije. Redoviti pregledi trupa broda također uključuju provjeru zaštitnih premaza i sustava katodne zaštite, koji su dizajnirani da spriječe koroziju. Efikasnost ovih zaštitnih mjera od suštinske je važnosti za dugovječnost trupa broda, posebno u morskim uvjetima koji potiču ubranu koroziju.¹² Na temelju rezultata pregleda, donose se odluke o potrebnim popravcima ili drugim mjerama održavanja. U slučaju ozbiljnijih oštećenja, može biti potrebno privremeno isključiti brod iz operacije kako bi se osigurala njegova potpuna sanacija.

2.2.2. Postupni pregled trupa broda

Sljedeća vrsta pregleda trupa broda odnosi se na postupni pregled.¹³

¹² Ibidem.

¹³ Ibidem.

Na zahtjev kompanije, priznata organizacija (engl. *Recognized Organization* - RO) može, kao alternativu obnovnom pregledu, odobriti postupni pregled trupa broda, opreme trupa, elektroenergetskih uređaja ili rashladnih sustava.

U ovom slučaju, umjesto provođenja obnovnog pregleda u jednom terminu, svake se godine pregledava 20 do 25% stavki, prema popisu koji je prethodno odobrila RO. Temeljni uvjet za ovaj postupak je da se do isteka valjanosti svih izdanih svjedodžbi pregledaju sve stavke. Najveći vremenski razmak između dva takva pregleda iznosi pet godina.¹⁴

Međutim, za tankere za ulje, kemikalije, brodove za rasuti teret i mješoviti teret, koji podliježu zahtjevima Pojačanog programa pregleda, postupni pregled trupa nije odobren. Ovi brodovi moraju proći kompletan obnovni pregled prema uobičajenim postupcima, bez mogućnosti postupnog pregleda.¹⁵

2.2.3. Pregled podvodnog dijela trupa broda

Pregled trupa broda je postupak koji obuhvaća detaljnu inspekciju svih dijelova trupa koji su u stalnom kontaktu s vodom, s ciljem identificiranja oštećenja, korozije, naslaga morskih organizama te drugih problema koji bi mogli ugroziti funkcionalnost broda. Inspekcija podvodnog dijela trupa broda najčešće se provodi u suhom doku, gdje se brod izdiže iz vode, omogućujući pristup svim dijelovima trupa.¹⁶

U određenim slučajevima, pregled se može obaviti i dok je brod u vodi, uz korištenje podvodnih kamera ili angažiranje ronioca. Pregled uključuje nekoliko koraka koji uključuju vizualnu inspekciju, mjerenje debljine stijenki trupa, te provjeru stanja zaštitnih premaza i katodne zaštite.¹⁷

Kategorizacija i uvjeti pregleda podvodnog dijela trupa broda prema mjestu pregleda je prikazana u Tablici 2.

¹⁴ Ibidem.

¹⁵ Ibidem.

¹⁶ Ibidem.

¹⁷ Ibidem.

Tablica 2. Kategorizacija i uvjeti pregleda podvodnog dijela trupa broda prema mjestu pregleda

Kriterij pregleda	Pregled na suhom (dokovanje)	Pregled u vodi
Frekvencija pregleda	Minimalno dva puta u petogodišnjem razdoblju valjanosti relevantnih svjedodžbi.	Umjesto svakog drugog pregleda trupa na suhom.
Dozvoljeni razmak između pregleda	Najveći dozvoljeni razmak: 36 mjeseci.	Pregled se može obaviti u vodi samo za brodove bez prijavljenih oštećenja podvodnog dijela trupa.
Odgoda pregleda	Moguće je odgoditi pregled do tri mjeseca nakon datuma dospjeća, ali samo u izvanrednim okolnostima.	Posebna odobrenja potrebna za brodove starije od 15 godina.
Izvanredne okolnosti za odgodu	1. Nedostatak uvjeta za obavljanje pregleda na suhom.	Pregled u vodi moguće je obaviti za brodove s oznakom IWS, osim za brodove koji ne plove međunarodnim linijama.
	2. Nemogućnost obavljanja popravaka zbog nedostatka materijala, opreme ili rezervnih dijelova.	- Pregled se može obaviti ako nije proveden u okviru Osnovnog ili Obnovnog pregleda.
	3. Kašnjenja uzrokovana izbjegavanjem loših vremenskih uvjeta.	- Obavezno je utvrđivanje stanja trupa u vodi na način koji je što bliži pregledu na suhom.
Dodatni zahtjevi za određene vrste brodova	Čelični teretni brodovi s $GT \geq 500$: jedan od dva obvezna pregleda mora se obaviti tijekom ili nakon četvrtog godišnjeg pregleda.	Brodovi stariji od 15 godina (osim tankera i brodova za rasuti teret).
	Putnički brodovi u međunarodnoj plovidbi: pregled podvodnog dijela trupa obavlja se svake godine.	Tankeri i brodovi za rasuti teret stariji od 15 godina: pregled podvodnog dijela trupa obavlja se na suhom.

Posebni uvjeti za pregled u vodi	Putnički brodovi mlađi od 15 godina mogu tijekom petogodišnjeg ciklusa obaviti jedan pregled na suhom i ostala četiri pregleda u vodi, uz odobrenje Ministarstva.	Podvodni dio trupa mora biti zaštićen od korozije i opremljen sustavima za utvrđivanje stanja trupa u vodi.
Dodatni zahtjevi za odobrenje pregleda u vodi	Putnički brodovi koji ne plove međunarodnim linijama mogu, unutar petogodišnjeg ciklusa, obaviti jedan pregled na suhom i četiri pregleda u vodi, uz odobrenje RO.	Dokumentacija koja potvrđuje ispunjenje uvjeta za pregled u vodi mora biti dostupna na brodu.
Izuzeci	Pregled plutajućih objekata se obavlja jednom u svakom petogodišnjem razdoblju.	Nije moguće obaviti pregled u vodi za brodove koji imaju prijavljena oštećenja podvodnog dijela trupa.

Izvor: Izrada autora prema Pravilima za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, Opći propisi, NN 15/2019.

Izvanredne okolnosti koje mogu opravdati odgodu pregleda uključuju:

- nepovoljni uvjeti koji onemogućuju pregled broda u suhom doku,
- nemogućnost obavljanja popravaka zbog nedostatka potrebnih materijala, opreme ili rezervnih dijelova,
- kašnjenja uzrokovana izbjegavanjem nepovoljnih vremenskih uvjeta.¹⁸

Za čelične teretne brodove s bruto tonažom (GT) od 500 ili više, jedan od dva obvezna pregleda trupa na suhom mora se obaviti tijekom ili nakon četvrtog godišnjeg pregleda, kao dio obnove Svjedodžbe o sigurnosti konstrukcije teretnog broda ili Svjedodžbe o sposobnosti broda za plovidbu, ako je to primjenjivo. Kod putničkih brodova koji plove na međunarodnim linijama, pregled trupa provodi se svake godine. U petogodišnjem ciklusu, dva takva pregleda moraju biti obavljena u suhom doku, s maksimalnim razmakom od 36 mjeseci između tih pregleda. U godinama kada pregled trupa u suhom doku nije obavezan, provodi se pregled podvodnog dijela trupa dok je brod u vodi.¹⁹

¹⁸ Ibidem.

¹⁹ Ibidem.

Putnički brodovi, osim ro-ro putničkih brodova, koji plove na međunarodnim linijama i nisu stariji od 15 godina, mogu tijekom petogodišnjeg razdoblja obaviti jedan pregled podvodnog dijela trupa u suhom doku, dok se preostala četiri pregleda mogu provesti u vodi.

Ovakav način pregleda odobrava Ministarstvo na temelju posebnog zahtjeva za svaki brod zasebno²⁰

Brodovi koji ne plove međunarodnim linijama, a čiji je trup izrađen od čelika i nisu stariji od 15 godina, također mogu unutar petogodišnjeg ciklusa obaviti jedan pregled podvodnog dijela trupa u suhom doku, dok se preostala četiri pregleda provode u vodi. Ovaj sustav zahtjeva odobrenje priznatog tijela (RO) na temelju pisanog zahtjeva brodarske kompanije. Pregled podvodnog dijela trupa u vodi može se provesti za brodove za koje kompanija izda izjavu da nisu pretrpjeli oštećenja na podvodnom dijelu trupa tijekom prethodnog razdoblja, kao i za brodove koji su opremljeni za podvodni pregled s oznakom (engl. *In-Water Survey - IWS*) koja potvrđuje da je brod opremljen za podvodni pregled. Također, podvodni pregled trupa može se provesti ako nije obavljen tijekom Osnovnog ili Obnovnog pregleda. Ovaj pregled se provodi i u slučaju kada nema primjedbi na stanje podvodnog dijela trupa, kormila, vratila ili vijka.²¹

2.2.4. Ostali pregledi

U sklopu dodatnih pregleda broda, od posebne je važnosti istaknuti provedbu programa inspekcija i programa održavanja trupa. Programi koje provodi brodarska kompanija su važni za osiguranje usklađenosti sa zahtjevima klasifikacijskih društava i zakonskih propisa između redovnih pregleda broda. Ipak, važno je naglasiti da se takvi programi ni u kojem slučaju ne smiju smatrati zamjenom ili alternativom za redovne preglede trupa broda.²²

Izvanredni pregledi su obvezni pregledi kojima podliježu brodovi u situacijama prikazanim u Tablici 3.

²⁰ Ibidem.

²¹ Ibidem.

²² Ibidem.

Tablica 3. Izvanredni pregledi trupa broda

Situacija koja zahtijeva izvanredni pregled	Opis
Nakon nezgode, nesreće, havarije ili otkrivanja nedostataka	Pregled je obavezan ako dođe do incidenta ili otkrića nedostataka koji mogu utjecati na sposobnost broda za plovidbu.
Tijekom popravaka ili obnove dijelova broda	Pregled se provodi kada se obnavljaju dijelovi broda koji bi mogli utjecati na sigurnost i funkcionalnost plovila.
U slučaju odgađanja redovnih pregleda	Kada se redovni pregled broda odgodi, obvezno je provesti izvanredni pregled.
Kada je brod raspoređeni dulje od jedne godine	Ako brod nije u aktivnoj službi duže od jedne godine, potrebno je provesti izvanredni pregled prije povratka u plovidbu.
Privremene promjene namjene ili područja plovidbe	U slučaju privremenih promjena u namjeni broda ili području plovidbe, obvezno je provesti izvanredni pregled.
Na zahtjev Ministarstva	Izvanredni pregled se provodi kao dodatak redovnim pregledima na zahtjev Ministarstva.

Izvor: Izrada autora prema Mohović, R., Zorović, D., Ivčević, R. (2007). Održavanje broda, zaštita materijala.

Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci.

Kada je riječ o popravcima trupa, strojnog uređaja ili opreme koji mogu utjecati na valjanost izdanih brodskih isprava, ti popravci moraju biti pažljivo isplanirani unaprijed. Kompanija je obvezna pravovremeno dostaviti priznatoj organizaciji (RO) plan popravaka, koji obuhvaća detalje o opsegu radova i potrebi za prisutnošću inspektora tijekom izvođenja radova na plovidbi. U slučaju da kompanija ne obavijesti (RO) na vrijeme o planiranim popravcima, postoji mogućnost da izdate isprave broda budu suspendirane.

Važno je istaknuti da se ovaj zahtjev ne odnosi na radove održavanja i redovite preglede trupa, strojnog uređaja i opreme, koji se provode u skladu s preporukama proizvođača i ustaljenim procedurama.

3. ODRŽAVANJE TRUPA BRODA TIJEKOM EKSPLOATACIJE

Održavanje trupa broda tijekom njegove eksploatacije je važno za osiguranje dugotrajnosti, učinkovitosti i sigurnosti plovidbe.

Metode održavanja trupa broda tijekom eksploatacije su prikazane u Tablici 4.

Tablica 4. Metode održavanja trupa broda tijekom eksploatacije

Dio održavanja	Opis	Metode	Cilj
Čišćenje podvodnog dijela	Redovito uklanjanje naslaga morskih organizama poput algi, školjki i mekušaca	Podvodne četke, visokotlačne mlaznice	Smanjenje otpora plovidbi i potrošnje goriva
Zaštita od korozije	Sprječavanje oštećenja čeličnih trupova uslijed korozije	Antikorozivni premazi, katodna zaštita	Produljenje vijeka trajanja broda i smanjenje troškova popravaka
Inspekcija trupa	Redovite vizualne i tehničke inspekcije podvodnog dijela trupa	Ronjenje, specijalizirani uređaji za snimanje	Pravovremeno otkrivanje korozije ili oštećenja
Upravljanje biološkim obraštajem	Primjena premaza koji sprječavaju naseljavanje organizama na trupu broda	Antifouling premazi	Održavanje učinkovitosti plovidbe, smanjenje potrebe za čišćenjem
Monitoriranje performansi	Praćenje parametara poput otpora plovidbi i potrošnje goriva	Tehnički nadzor, analiza podataka	Identifikacija potreba za održavanjem i poboljšanjima
Obuka osoblja	Edukacija osoblja o pravilnim metodama održavanja i prepoznavanju potencijalnih problema	Teoretska i praktična obuka	Osiguranje sigurnosti i učinkovitosti održavanja

Izvor: Izrada autora prema Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R. (2007). Održavanje broda, zaštita materijala.

Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci.

Trup broda, neprestano izložen utjecaju morske vode, atmosferskih uvjeta i biološkog obraštaja, zahtijeva redovitu njegu i kontrolu kako bi se spriječile ozbiljne štete te smanjili troškovi popravaka.²³

Prvi korak u održavanju trupa sastoji se u redovitom čišćenju podvodnog dijela broda. Naslage morskih organizama poput algi, školjki i mekušaca potrebno je redovito uklanjati jer one povećavaju otpor plovidbe i potrošnju goriva. Ova se operacija obično provodi pomoću podvodnih četki ili visokotlačnih mlaznica. Zaštita od korozije također je važna. Čelični trupovi brodova skloni su koroziji uslijed djelovanja vode, soli i atmosferskih čimbenika. Primjena antikorozivnih premaza na trupu, kao i korištenje sustava katodne zaštite, važni su za sprječavanje oštećenja i produljenje vijeka trajanja broda.²⁴

Redovite inspekcije podvodnog dijela trupa nužne su kako bi se pravovremeno otkrili rani znakovi korozije ili oštećenja. Ove inspekcije mogu se provoditi vizualno, ronjenjem ili uz pomoć specijaliziranih uređaja za snimanje. Pravovremeno otkrivanje problema omogućuje brzo poduzimanje mjera za popravak ili zamjenu oštećenih dijelova.²⁵

Upravljanje biološkim obraštajem (biofouling) također ima veliku važnost. Navedeno uključuje primjenu antifouling premaza koji sprječavaju naseljavanje organizama na trupu broda, smanjujući potrebu za čestim čišćenjem i održavanjem učinkovitosti plovidbe.²⁶

Praćenje performansi trupa, kao što su otpor plovidbi i potrošnja goriva, bitno je za identifikaciju potreba za održavanjem ili potencijalnim poboljšanjima u operativnoj učinkovitosti broda.²⁷

Obuka osoblja odgovornog za održavanje trupa broda ima bitnu ulogu. Osoblje mora biti educirano o pravilnim metodama čišćenja, primjeni premaza, inspekciji i prepoznavanju potencijalnih problema kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost održavanja.²⁸

Sustavno i redovito održavanje trupa broda nužno je za osiguranje dugovječnosti i sigurnosti plovidbe, što zahtijeva sveobuhvatan pristup koji uključuje sve navedene aspekte zaštite i održavanja trupa broda.

²³ Ibidem.

²⁴ Ibidem.

²⁵ Ibidem.

²⁶ Ibidem.

²⁷ Ibidem.

²⁸ Ibidem.

4. ZAŠTITA TRUPA BRODA OD KOROZIJE I OBRAŠTANJA

Brodovi su kompleksni sustavi koji moraju funkcionirati desetljećima u iznimno zahtjevnim morskim uvjetima. Korozijska oštećenja predstavljaju jedan od najvećih izazova jer mogu uzrokovati ne samo materijalnu štetu, već i ozbiljne sigurnosne i ekološke probleme. Pravovremena i kvalitetno izvedena zaštita od korozije je važna za produljenje životnog vijeka brodova te očuvanje njihove funkcionalnosti i operativne sigurnosti.²⁹

Postoji nekoliko osnovnih metoda zaštite od korozije koje se primjenjuju na brodovima. Prva je primjena antikorozivnih premaza koji štite metalne površine od izravnog kontakta s morskom vodom i atmosferskim utjecajima. Navedeni premazi, kao što su epoksidni premazi ili premazi na bazi poliuretana, pružaju mehaničku zaštitu i visoku otpornost na koroziju. Osim toga, primjenjuju se i premazi protiv vegetacije koji sprječavaju rast algi i ostalih morskih organizama na podvodnom dijelu trupa broda.³⁰

Druga metoda je upotreba korozijski postojanijih materijala poput nehrđajućeg čelika, legura nikla ili aluminija. Nehrđajući čelik s visokim udjelom kroma idealan je za dijelove brodova izložene direktnom djelovanju morske vode, dok se legure nikla koriste za dijelove koji zahtijevaju visoku otpornost na kiseline i koroziju. Aluminij se također koristi kao alternativa čeliku u određenim aplikacijama zbog svoje prirodne otpornosti na koroziju.³¹

Treća metoda obuhvaća konstrukcijsko-tehnološke mjere koje uključuju dizajniranje brodova s ciljem smanjenja izloženosti materijala korozivnim čimbenicima. To uključuje poboljšanje drenaže vode s površina, smanjenje hrapavosti površina te primjenu materijala i konstrukcijskih rješenja koja smanjuju rizik od korozijskih oštećenja.³²

Dodatno, primjenjuju se i električne metode zaštite poput katodne zaštite koja koristi galvanske principe za sprečavanje korozije na metalnim dijelovima broda. Navedena tehnika uključuje korištenje anoda ili primjenu električne struje kako bi se metalne površine održavale u zaštićenom stanju.³³

²⁹ Esih, I. (2003). Osnove površinske zaštite. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB).

³⁰ Ibidem.

³¹ Ibidem.

³² Ibidem.

³³ Ibidem.

Zaštita promjenom okolinosti obuhvaća upotrebu inhibitora korozije, kemijskih spojeva koji se dodaju u morsku vodu ili se nanose na metalne površine kako bi se smanjila brzina korozije. Sve ove metode često se kombiniraju radi postizanja najbolje moguće zaštite od korozije na brodovima. Redovito održavanje i inspekcije su bitni za otkrivanje i sanaciju eventualnih korozijskih oštećenja te za održavanje operativne sigurnosti i dugotrajnosti brodskih konstrukcija u izazovnim morskim uvjetima.³⁴

4.1. KOROZIJA NA BRODSKOM TRUPU

Čelik, zbog svoje izvanredne čvrstoće, dominira kao konstrukcijski materijal u brodogradnji. Međutim, čelik je podložan koroziji zbog galvanske interakcije vode, vlage i kisika iz zraka, što stvara elektrokemijske reakcije na površini metala. Čak i najmanje razlike u potencijalu mogu potaknuti koroziju, a ovaj proces je posebno intenzivan u područjima kao što su pojasevi gaza zbog turbulencije uzrokovane plovidbom u balastu te nadvođa podložna ekstremnim uvjetima vlaženja i sušenja, jakog vjetera te visokog sadržaja morske soli i ultraljubičastog zračenja.³⁵

Brzina korozije ovisi o raznim faktorima, uključujući temperaturu morske vode i njezin sastav, posebno udio soli. Veća slanost i viša temperatura ubrzavaju koroziju. Također, brzina kretanja plovila može utjecati na brzinu korozije, jer brže kretanje može povećati mehaničko i kemijsko opterećenje površina broda.³⁶

Kod aluminijske, za razliku od čelika, površinski sloj metalnog oksida djeluje kao zaštitni film koji sprječava daljnju koroziju stvaranjem kompaktnog i nepropusnog sloja. Ovaj film zatvara pore i sprječava prodor kisika u unutrašnjost metala, što štiti aluminij od daljnjeg oštećenja. S druge strane, željezni oksid (hrđa) je vrlo porozan i ne pruža učinkovitu zaštitu od korozije, pa se korozivni proces na željeznoj površini može brzo širiti. U zatvorenim područjima poput marina i lučica, gdje je koncentracija zagađivača i organizama veća, proces korozije može biti ubrzan, čak i ako plovilo miruje. Takva okruženja mogu dodatno komplicirati održavanje i zaštitu brodskih površina od korozije.³⁷

³⁴ Ibidem.

³⁵ Ibidem.

³⁶ Ibidem.

³⁷ Ibidem.

Stoga, pravilna zaštita od korozije na brodskim konstrukcijama je važna kako bi se osigurala dugotrajnost i operativna sigurnost broda tijekom njegova životnog vijeka u izazovnim morskim uvjetima.

Broj šteta prema starosti brodova i vrsti spremnika su prikazani u Tablici 5.

Tablica 5. Broj šteta prema starosti brodova i vrsti spremnika

Godine broda	starosti	Tankovi tereta	Skladišta	Balastni tankovi	Ostalo	Ukupno
1		0	0	0	0	0
3		10	0	0	0	10
5		50	10	0	0	60
7		150	20	10	0	180
9		300	50	20	10	380
11		400	100	50	20	570
13		500	150	100	50	800
15		600	200	150	100	1050
17		700	250	200	150	1300
19		800	300	250	200	1550
21		900	350	300	250	1800
23		1000	400	350	300	2050
25		1100	450	400	350	2300

Izvor: Izrada autora prema Nippon Kyokai. (n.d.). Statistical survey on wear of ships. Nippon Kyokai Technical Bulletin, 5.

Među najčešćim uzrocima šteta koje se javljaju tijekom eksploatacije broda ubrajaju se korozija, strukturalna oštećenja i vibracije. Analizom podataka o eksploataciji broda tijekom razdoblja od 25 godina može se utvrditi da štete uzrokovane korozijom čine otprilike dvije trećine ukupnih šteta.³⁸ Prikaz porasta broja nezgoda uzrokovanih korozijom s obzirom na starost broda jasno pokazuje rast udjela zastoja prouzročenih korozijom kako brod stari.

Analizom dijela grafikona koji prikazuje broj zastoja broda uzrokovanih korozijom moguće je detaljnije prikazati učinak korozije na operativne zastoje s obzirom na starost broda.³⁹

Prvi zastoji prouzročeni korozijom obično se pojavljuju oko šeste godine starosti broda. Njihov broj naglo raste do deset godina starosti, kada krivulja dostiže svoj vrhunac. Nakon tog razdoblja, dolazi do relativnog smanjenja porasta broja zastoja u odnosu na starost broda, a broj nezgoda se značajno smanjuje do 18. godine starosti. Nakon dvadesete godine starosti broda, broj zastoja bilježi blagi porast koji se postupno smanjuje. Oko 23. godine starosti broda, broj šteta uzrokovanih korozijom postaje relativno stabilan.⁴⁰

Važno je napomenuti da svi dijelovi brodske strukture nisu jednako podložni koroziji. Izloženost vremenskim uvjetima, mehaničkim oštećenjima tijekom upotrebe, te djelovanje tereta na premaze značajno utječu na pojavu korozije i njezine štetne učinke.⁴¹

Priloženi prikaz na prethodnoj tablici prikazuje utjecaj korozije na oštećenja različitih dijelova brodske strukture. Promatrajući cjelokupnu strukturu broskog trupa, može se primijetiti da najveći udio šteta uzrokovanih korozijom otpada na brodska skladišta. Najizloženiji dio skladišta koji je podložan koroziji je oplata trupa, koja je neprestano izložena kombinaciji mehaničkih i kemijskih utjecaja.

4.2. OBRAŠTANJE NA BRODSKOM TRUPU

Obraštanje (engl. *fouling*) je proces naseljavanja biljnih i životinjskih morskih organizama na potopljenim površinama kao što su brodski trupovi, bove ili drugi potopljeni objekti.

³⁸ Nippon Kyokai. (n.d.). Statistical survey on wear of ships. Nippon Kyokai Technical Bulletin, 5.

³⁹ Ibidem.

⁴⁰ Ibidem

⁴¹ Ibidem.

Proces prolazi kroz četiri glavna stadija, svaki sa svojim karakterističnim značajkama koje su prikazane u Tablici 6.

Tablica 6. Dijelovi obraštanja i zaštite trupa

Faza obraštanja	Opis	Utjecaj na brod	Metode zaštite
1. faza: Adsorpcija	Nakupljanje organskih tvari i molekula na površini.	Priprema površine za naseljavanje mikroorganizama.	Redovito čišćenje, prevencija obraštanja.
2. faza: Formiranje biofilma	Razvoj biofilma od bakterija i dijatomeja koji izlučuju ljepljive tvari.	Uzrokuje hrapavost površine i potencijal za koroziju.	Primjena antifouling premaza.
3. faza: Složena zajednica	Naseljavanje algi, gljivica i protozoa, prijelaz na složeniju zajednicu organizama.	Povećava otpor plovidbi, smanjuje učinkovitost.	Redovito održavanje i inspekcija trupa.
4. faza: Makroorganizmi	Naseljavanje većih organizama poput priljepaka, mekušaca i makroalgi.	Značajno povećanje otpora, mogućnost korozije.	Antifouling premazi, sustavi katodne zaštite.

Izvor: Izrada autora prema Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T. (2007). Zaštita broskog trupa od korozije i obraštanja. *Brodogradnja: An International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering for Research and Development*, 58(3), 278-283.

Obraštanje je vrlo dinamičan proces koji ovisi o brojnim faktorima kao što su strujanje mora, kemijski sastav vode, svjetlost, temperatura, zagađenje i dostupnost nutrijenata. Uglavnom je sezonski fenomen i može varirati ovisno o geografskom položaju.

Obraštanje je vrlo dinamičan proces koji ovisi o različitim čimbenicima, uključujući strujanje mora, slanost, temperaturu, zagađenje i dostupnost hranjivih tvari. Jačina obraštanja varira ovisno o sezoni i zemljopisnom položaju. Brodovi koji plove sporije, imaju manju aktivnost ili plove u tropskim i suptropskim morima posebno su osjetljivi na obraštanje.

Osim povećanja mase i otpora brodova zbog obraštanja, jedan od glavnih problema je anaerobna korozija koja se javlja kada organizmi stvore barijeru između morske vode i površine broda, stvarajući uvjete pogodne za koroziju.⁴²

Obraštanje, ili fouling, termin je koji označava nakupljanje biljnih i životinjskih morskih organizama na uronjenim površinama brodova, bova, offshore platformi i drugih podvodnih objekata. Najčešći organizmi koji se nalaze na tim površinama uključuju priljepke (balanidi), mekušce i morske trave. Proces obraštanja odvija se u nekoliko faza, a počinje čim je objekt uronjen u more.⁴³

U prvoj fazi dolazi do nakupljanja organskih tvari i molekula na površini objekta. Slijedi formiranje biofilma od bakterija i dijatomeja, koje izlučuju ljepljive tvari. Treća faza uključuje prijelaz od biofilma na složeniju zajednicu organizama, dok četvrta faza obuhvaća naseljavanje većih morskih organizama poput priljepaka, mekušaca i makroalgi.

Posljedice obraštanja su višestruke. Povećava masu potopljenih struktura što može otežati upravljanje brodom i povećati otpor pri plovidbi. Također, obraštanje može uzrokovati anaerobnu koroziju kovnih površina zbog stvaranja mikrookolina s kiselim pH, visokim sadržajem kloridnih iona i nedostatkom kisika, što potiče koroziju.

Za brodovlasnike, minimiziranje obraštanja je bitno radi smanjenja troškova održavanja, poboljšanja ekonomičnosti plovidbe i produženja vijeka trajanja brodova. Različite tehnologije antivegetativnih premaza, kao što su biocidni premazi s bakrom ili tehnologije foul release (otporni na obraštanje), razvijene su kako bi se borile protiv ovog problema, uzimajući u obzir i utjecaje na okoliš.

Obraštaj podvodnog dijela brodskog trupa je prikazan na Slici 1.

⁴² Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T. (2007). Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja. *Brodogradnja: An International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering for Research and Development*, 58(3), 278-283.

⁴³ Ibidem.



Slika 1. Obraštaj podvodnog dijela brodskog trupa

Izvor: Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T. (2007). Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja. Brodogradnja: An International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering for Research and Development, 58(3), 278-283.

Obraslo dno plutajuće platforme je prikazan na Slici 2.



Slika 2. Obraslo dno plutajuće platforme

Izvor: Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T. (2007). Zaštita brodskog trupa od korozije i obraštanja. Brodogradnja: An International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering for Research and Development, 58(3), 278-283.

Primjena antifouling premaza je važna za smanjenje obraštanja i očuvanje učinkovitosti broda. Glavni cilj brodovlasnika je maksimizirati operativnu učinkovitost i minimizirati potrošnju goriva, što je usko povezano s kontrolom obraštanja. Hrapavost trupa, uzrokovana prisutnošću obraštanja, može značajno povećati otpor plovidbi. Na primjer, prisutnost sluzi može povećati otpor za 1-2%, dok alge i školjke mogu povećati otpor za 10% odnosno 40%. Povećani otpor vodi do većih troškova održavanja, češćih dokovanja i veće potrošnje goriva, što rezultira povećanom emisijom štetnih plinova.⁴⁴

U konačnici, kontrola obraštanja je bitna za održavanje učinkovitosti i sigurnosti brodova, kao i za zaštitu morskog okoliša od potencijalno štetnih kemikalija i materijala koji se mogu koristiti u antivegetativnim premazima.⁴⁵

Zaštita broskog trupa od obraštanja datira još iz antičkih vremena. Drevni narodi poput Feničana i Grka koristili su katran, arsen i sumpor za zaštitu svojih brodova. Kasnije su se koristili bakrene obloge, posebno na brodovima Britanske mornarice u 18. stoljeću, koje su bile učinkovite protiv obraštanja, ali su izazivale koroziju čeličnih trupova. S razvojem čeličnih brodova i rastom brzina plovidbe, počela je potraga za novim rješenjima koja neće izazivati galvansku koroziju.⁴⁶

U 20. stoljeću, organokositreni spojevi (TBT) postali su popularni kao antifoulingpremazi zbog svoje učinkovitosti, ali su kasnije zabranjeni zbog toksičnog učinka na morski ekosustav.⁴⁷

⁴⁴ Ibidem.

⁴⁵ Ibidem.

⁴⁶ Ibidem.

⁴⁷ Ibidem.

5. ODRŽAVANJE BRODSKOG TRUPA PREMAZIMA

U nastavku rada usmjerit će se prema području održavanja broskog trupa premazima, odnosno postupku pripreme površine za premaze, vrstama i izboru premaza namijenjenih za održavanje trupa.

5.1. PRIPREMA POVRŠINE ZA PREMAZE

Postupak pripreme površine za premaze je postupak koji najprije započinje pregledom i samom ocjenom oštećenja broskog trupa, odnosno defektacijom broskog trupa koja se odvija nakon same pripreme površine broskog trupa. Sam opseg mjerenja kao takav stoga se utvrđuje od strane vještaka klasifikacijskog društva i to u pratnji predstavnika brodovlasnika i samog brodogradilišta proces defektacije može biti kontrolni, djelomični i potpuni. Samo mjesto koje se odnosi na defektaciju je mjesto koje se određuje od strane vještaka klasifikacijskog društva. Navedeni posebnu pozornost usmjerava prema istrošenju same strukture u području spremnika goriva, odnosno balasta, usisnim košarama, kaljužnim zdencima i slično. Nakon što je obavljena defektacija trupa broda, odnosno nakon što je došlo do samog procesa koji se odnosi na unošenje podataka unutar posebnih tablica, nacrti se uspoređuju s oštećenjima dopuštenih veličina. Ukoliko postoje veća oštećenja trupa ili pak ukoliko postoje određene preinake, tada se tumači kako remontno brodogradilište je dužno da izradi tehničku, odnosno tehnološku ili pak plansku dokumentaciju, tj. kalkulaciju svih potrebnih radnih sati koje je potrebno provesti.⁴⁸

Radovi na vršenju pripreme površine broskog trupa su radovi koji počinju odmah pri samom dokovanju broda. Moguće je navesti kako postoji zapravo nekoliko sustava koji se odnose na pripremu same površine trupa i to za nanošenje zaštitnih premaza, odnosno za provođenje konkretnih tehnika nanošenja premaza. Pripremanje samog sustava površine i konkretna tehnika nanošenja premaza ovisi o području tehničko-tehnološke opremljenosti samog brodogradilišta, ali prije svega o zahtjevima broda.⁴⁹

⁴⁸ Knific, Ž., Ivce, R., Komadina, P. (2014). Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci.

⁴⁹ Mohović, R., Zorović, D., Ivce, R. (2007). Održavanje broda, zaštita materijala. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci.

Ističe se da kada je riječ o metalnoj površini, navedenu je prije nanošenja premaza zapravo potrebno pripremiti. Najprije se uklanja oksidni film kao i korozijski produkti te sve druge nečistoće koje se nalaze na samoj površini. Ovdje je moguće istaknuti nekoliko klasičnih metoda koje se odnose na pripremanje metalnih površina trupa prije postupka nanošenja premaza. Prije svega radi se primjerice o odmašćivanju, mehaničkom odstranjivanju korozijskih produkata putem električnih ili pak putem pneumatskih sredstava, proces uklanjanja oksidnog filma i to putem izlaganja atmosferskim utjecajima, procesi pjeskarenja, odstranjivanje korozijskih produkata različitim abrazivima te vodom, kemijsko kao i elektrokemijsko čišćenje i drugo. Sama primjena i trajnost navedenog premaza u najvećoj mjeri će biti u ovisnosti od same pripremljenosti površine. Upravo stoga nakon provođenja pripreme provodi se i pregled kako bi došlo do utvrđivanja postignutog stanja u segmentu pripremljenosti površine.⁵⁰

Korektno izvođenje tehnoloških operacija je bitno za tehnologiju nanošenja premaza. Priprema podloge ima cilj očistiti i kondicionirati površinu materijala kako bi premaz što bolje prijanjao. Kvalitetna predobrada podloge obično uključuje nekoliko operacija, čiji izbor i redoslijed ovise o vrsti materijala, stanju površine i željenom ishodu. U brodogradnji se koristi isključivo mehanička priprema.⁵¹

Primarna priprema površine provodi se odmah nakon što materijal izađe iz skladišta, kako bi se omogućilo kvalitetno nanošenje temeljnog premaza, tzv. shopprimera. Lim u skladištu nije zaštićen i može korodirati, dok se na njemu nakuplja prašina koja može uzrokovati odvajanje boje. Ako je skladište blizu mora, sol može izazvati stvaranje mjehurića i smanjiti prijanjanje boje. Adekvatna priprema uključuje uklanjanje svih nečistoća i postizanje ravnomjerne hrapavosti, najčešće mlazom abrazivnog sredstva. Nakon čišćenja, odmah se nanosi shopprimer kako bi se spriječila korozija.⁵²

Sekundarna priprema površine odnosi se na oštećene ili propale dijelove površine prethodno zaštićene shopprimerom. Cilj je ukloniti nečistoće, zavarne nehomogenosti, postići željenu hrapavost i ukloniti prašinu. Postupak uključuje uklanjanje soli, odmašćivanje, mehaničku pripremu i otprašivanje.⁵³

⁵⁰ Ibidem.

⁵¹ Ibidem.

⁵² Ibidem.

⁵³ Ibidem.

Kod pripreme broskog trupa nakon eksploatacije, čim brod izađe na suho, započinje se s radovima pripreme površine. Podvodni dio trupa pere se mlazovima slatke vode pod visokim tlakom kako bi se uklonili kloridi, alge, trave i školjke. Nauljene površine čiste se otapalima, dok se mjesta s hrđom čiste pjeskarenjem ili vodom pod visokim tlakom. Originalni sloj boje obnavlja se na mjestima pjeskarenja, a cijela vanjska oplata se zatim premazuje prema želji brodovlasnika.⁵⁴

Ako površina postane previše hrapava zbog starih slojeva boje i ogrebotina, cijeli podvodni dio oplata čisti se, uklanja se rđa i stara boja te se nanosi novi sloj boje. Priprema površine broskog trupa uključuje uklanjanje nečistoća, obraslina, starog premaza, masnoće, korozije, soli, prašine i, ako je potrebno, kiselina i lužina. Područja broskog trupa koja se pripremaju su prikazana u Tablici 7.

Tablica 7. Priprema površine broskog trupa

Područja trupa koja se pripremaju	Opis	Metode pripreme	Sigurnosne mjere
Ispod plovne vodene linije do kobilice	Priprema donjeg dijela trupa koji je stalno uronjen u vodu, izložen koroziji i obraštanju.	Mokra priprema (vodom pod visokim tlakom), suha priprema (pjeskarenje), mehanička priprema	Osiguranje radne opreme, zaštita radnika, osiguranje čistog zraka tijekom rada.
Iznad plovne vodene linije	Priprema gornjeg dijela trupa koji je izložen atmosferskim uvjetima.	Suha priprema (pjeskarenje), mehanička priprema	Osiguranje sigurnosne opreme za radnike i zaštita okoline od zagađenja.
Dijelovi s oštećenjima	Popravlak oštećenih dijelova trupa, koji zahtijeva posebnu pripremu kako bi se omogućila kvalitetna obnova.	Mehanička priprema, mokra i suha priprema prema potrebi	Posebna pažnja sigurnosti na mjestima oštećenja, upotreba odgovarajuće zaštitne opreme.

⁵⁴ Esih, I. (2003). Osnove površinske zaštite. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

Područja oko pramčanih i krmenih vijaka te kormila	Priprema dijelova trupa koji utječu na upravljivost broda.	Suha priprema (pjeskarenje), mehanička priprema	Osiguranje zaštitnih mjera tijekom rada na kompleksnim dijelovima poput kormila i vijaka.
Tankovi tereta, goriva, balasta, pitke i napojne vode	Priprema unutarnjih tankova koji su izloženi različitim vrstama tekućina i korozivnih tvari.	Mehanička priprema, mokra priprema	Osiguranje adekvatne ventilacije, zaštitne opreme i sigurnosnih protokola prilikom rada u zatvorenim prostorima.

Izvor: Izrada autora prema Esih, I. (2003). Osnove površinske zaštite. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

Metode pripreme uključuju mokru pripremu (vodom pod visokim tlakom), suhu pripremu (pjeskarenje) i mehaničku pripremu. Danas se u remontnim brodogradilištima najčešće koristi pjeskarenje, iako ono zagađuje okolinu.

Prije suhe pripreme, površina trupa čisti se od ulja i masti, a deblji slojevi boje i korozije uklanjaju se pneumatskim čekićima i brusilicama. Nakon toga, površina se kiti, brusi i otprašuje. Posebna pažnja posvećuje se sigurnosti radnika tijekom pjeskarenja, uključujući zaštitnu opremu i osiguranje čistog zraka za disanje.⁵⁵

5.1.1. Mokri postupak pripreme

Iako je suho čišćenje abrazivom kvalitetnije, produktivnije i jeftinije, ima nedostatak jer zagađuje okolinu. Prašina se može spriječiti dodavanjem vode struji abraziva i zraka. Postoje četiri načina izvođenja ovog postupka, a koji su prikazani u Tablici 8.

⁵⁵ Ibidem.

Tablica 8. Mokri postupak pripreme površine broskog trupa

Vrsta uređaja	Opis	Metoda čišćenja	Prednosti i specifičnosti
Uređaj s vodenom zavjesom	Koristi kompresor zraka, pumpu vode, spremnik abraziva i crijevo za vodu koje stvara zavjesu oko mlaznice.	Kombinira abrazivno čišćenje s vodom.	Sprječava širenje prašine stvaranjem vodene zavjese oko mlaznice.
Potisni uređaj s ograničenom količinom vode	Uređaj za suho abrazivno čišćenje kojem se dodaje ograničena količina vode ispred mlaznice.	Ograničena količina vode dodana suhom abrazivnom čišćenju.	Smanjuje količinu prašine uz dodatak minimalne količine vode.
Uređaj s usisnim vodenim mlazom	Koristi podtlak za usisavanje abraziva i stvaranje smjese za čišćenje površine.	Smjesa abraziva i vode usisana podtlakom i usmjerena na površinu.	Kombinira visoku učinkovitost čišćenja s manjim rizikom za okoliš.
Uređaj s vodom bez abraziva	Koristi visokotlačne pumpe i mlaznice za čišćenje isključivo vodom, bez dodavanja abraziva.	Čišćenje površine broda samo vodom pod visokim tlakom.	Ne uzrokuje mikrorazaranja metala, mogućnost dodavanja abraziva s vodom za postizanje željene hrapavosti.
Dodavanje inhibitora korozije	Dodavanje kemikalija u vodu koje sprječavaju koroziju tijekom čišćenja.	U vodi se koriste inhibitori poput polifosfata i amina.	Pružuje dodatnu zaštitu metalu tijekom mokrog čišćenja.

Izvor: Izrada autora prema Esih, I. (2003). Osnove površinske zaštite. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

Održavanje broskog trupa premazima od presudne je važnosti za osiguranje dugotrajnosti i otpornosti broda na koroziju i druga oštećenja koja nastaju uslijed izloženosti morskome okolišu.

Jedna od metoda pripreme površine trupa prije nanošenja novih premaza je tzv. mokri postupak pripreme, koji se često koristi kao alternativa suhim metodama poput pjeskarenja. Mokri postupak pripreme podrazumijeva upotrebu vode pod visokim tlakom za uklanjanje starih slojeva boje, nečistoća, soli, morskih organizama i korozije s površine trupa broda. Ova metoda ima nekoliko prednosti, uključujući smanjenje prašine i štetnih čestica u okolišu, što je osobito važno u ekološki osjetljivim područjima ili u blizini naseljenih mjesta. Uz to, mokri postupak pripreme omogućava bolje prijanjanje novog premaza na površinu trupa, jer učinkovito uklanja ostatke nečistoća koje mogu spriječiti adekvatno vezivanje premaza.⁵⁶

Važno je napomenuti da nakon mokre pripreme površine, površina mora biti temeljito osušena prije nanošenja novog premaza, kako bi se spriječila pojava fleka ili nedostataka u sloju boje. Također, nakon sušenja, preporučuje se provesti dodatnu inspekciju površine kako bi se osiguralo da je trup spreman za daljnje korake u procesu održavanja. Primjena mokrog postupka pripreme zahtijeva odgovarajuću opremu i obučeno osoblje, te se mora provoditi u skladu s propisanim standardima i sigurnosnim mjerama. Održavanje broskog trupa premazima, kada je ispravno provedeno, može značajno produljiti vijek trajanja broda, smanjiti operativne troškove i poboljšati sigurnost plovidbe.⁵⁷

5.1.2. Suhi postupak pripreme

Suhi postupak pripreme površine uključuje razaranje metalne površine zrakom pod visokim tlakom i abrazivom, pjeskarenjem ili sačmarenjem prema standardima ISO 8501 i švedskom standardu SIS 05 59 00. Stanje površine čelika podijeljeno je u četiri stupnja:

1. A stupanj: Površina s okujinom i malo korozije.
2. B stupanj: Površina s početnom korozijom i skidajućom okujinom.
3. C stupanj: Površina s otpalom okujinom i točkastom korozijom.

⁵⁶ Ibidem.

⁵⁷ Ibidem.

4. D stupanj: Jako korodirana površina s vidljivom točkastom korozijom.⁵⁸

Prije suhe pripreme, površina broskog trupa mora biti odmašćena, a deblji slojevi boje i korozije uklonjeni pneumatskim čekićima. Abrazivi za čišćenje mogu biti metalni i mineralni.

Metalni abrazivi su dugotrajniji i koriste se više puta, dok su mineralni jeftiniji, ali za jednokratnu upotrebu. Abrazivi se dijele na:

- Metalne abrazive: dugotrajni, koriste se u zatvorenim sustavima,
- Mineralne abrazive: jeftiniji, za jednokratnu uporabu.⁵⁹

Osnovne karakteristike abraziva su tvrdoća, veličina i oblik. Tvrđi abrazivi čiste brže i dublje.⁶⁰

Oblik zrna može biti okrugli (čisti udaranjem), drobljenac s oštrim rubovima (urezuje se u metal) i drobljenac s blažim rubovima (kombinira udarce i urezivanje). Pravilna hrapavost površine poboljšava prijanjanje korozivnih premaza. Vrsta i granulacija abraziva odabire se prema izgledu površine, zahtijevanoj hrapavosti i opremi koja se koristi.⁶¹ Suhi postupak pripreme trupa, koji se često koristi prije nanošenja novih premaza, jedan je od najvažnijih koraka u osiguravanju dugotrajnosti i učinkovitosti zaštitnog sloja. Suhi postupak pripreme podrazumijeva mehaničko uklanjanje starih slojeva boje, hrđe, soli i drugih onečišćenja s površine trupa broda. Najčešće korištene metode su pjeskarenje, mlazno brušenje, brušenje s električnim ili pneumatskim alatima, te struganje. Pjeskarenje je posebno učinkovito jer pomoću abrazivnih čestica pod visokim tlakom omogućuje temeljito čišćenje površine, stvarajući pritom hrapavost koja poboljšava prijanjanje novog premaza. Mlazno brušenje i brušenje alatima koriste se za precizniju pripremu manjih površina ili teško dostupnih mjesta.

5.1.3. Mehanička priprema

Mehanička priprema površine podrazumijeva obradu metalnih površina kako bi se pripravile za daljnje tretmane, poput bojenja, korištenjem ručnih ili pneumatskih alata. Ovaj proces uključuje upotrebu abrazivnih brusova, brusnog papira, strugača i čeličnih četki.

⁵⁸ Ibidem.

⁵⁹ Ibidem.

⁶⁰ Ibidem.

⁶¹ Ibidem.

Označava se sa "St" i dijeli se na tri stupnja: St 1, St 2 i St 3.⁶² Prije početka mehaničke pripreme, potrebno je ukloniti veće naslage hrđe te vidljive slojeve ulja, masti i prljavštine s površine. Time se osigurava bolja priprema i učinkovitiji konačni rezultat.⁶³

Mehanička priprema obuhvaća nekoliko metoda, među kojima su najčešće brušenje, struganje, čelične četke te upotreba pneumatskih i električnih alata. Brušenje se koristi za glatko uklanjanje nečistoća i oštećenih dijelova premaza, omogućujući stvaranje odgovarajuće površinske hrapavosti koja osigurava bolje prijanjanje novog sloja boje. Struganje se primjenjuje za grublje uklanjanje debelih slojeva hrđe i starih premaza, dok čelične četke služe za dodatno čišćenje i pripremu manjih ili teško dostupnih površina.

Metode mehaničke pripreme imaju nekoliko prednosti. Prvo, omogućuju preciznu kontrolu nad uklanjanjem materijala, što je posebno važno za osjetljive dijelove trupa. Drugo, mehanička priprema ne zahtijeva uporabu vode ili kemijskih sredstava, što smanjuje rizik od onečišćenja okoliša i olakšava primjenu na različitim lokacijama. Međutim, mehanička priprema može biti fizički zahtjevna i vremenski intenzivna, što zahtijeva stručnost i iskustvo radnika. Osim toga, tijekom ovog postupka nastaju čestice prašine i otpadni materijali, što zahtijeva korištenje odgovarajućih zaštitnih sredstava, poput maski, zaštitnih naočala i sustava za usisavanje prašine, kako bi se osigurala sigurnost radnika i minimalizirao utjecaj na okoliš.⁶⁴

5.2. VRSTE I IZBOR PREMAZA ZA ODRŽAVANJE TRUPA

Zaštitni premazi koriste se u tekućem stanju, a nakon nanošenja i sušenja stvaraju suhi zaštitni sloj na površini. Osnovne komponente zaštitnih premaza su veziva, pigmenti, punila, aditivi i otapala. Veziva povezuju sve sastojke u homogenu smjesu i određuju specifična svojstva premaza, dok pigmenti, koji mogu biti organskog ili anorganskog porijekla, daju premazima boju i poboljšavaju njihovu otpornost.⁶⁵

Punila su anorganske tvari koje smanjuju poroznost premaza i troškove proizvodnje, dok aditivi poboljšavaju svojstva premaza i sprječavaju nedostatke. Otapala služe za razrjeđivanje veziva radi lakšeg nanošenja.

⁶² Ibidem.

⁶³ Ibidem.

⁶⁴ Ibidem.

⁶⁵ Ibidem.

Zaštitni premazi produljuju vijek trajanja metalnih površina, a dijele se na metalne i nemetalne, pri čemu nemetalni uključuju anorganske i organske premaze. Izbor premaza ovisi o nizu čimbenika, uključujući zahtjeve brodovlasnika, standarde međunarodnih organizacija, te mogućnosti proizvođača i brodogradilišta.⁶⁶

Kvaliteta premaza ovisi o više čimbenika, kao što su svojstva premaza, priprema površine, tehnika i uvjeti nanošenja, te agresivnost okoliša. Premazi se obično nanose u nekoliko slojeva: temeljni, međupremaz i završni premaz, s posebnim antivegetativnim premazima za podvodni dio broda. Pogrešan izbor ili nepravilno nanošenje premaza može smanjiti njegovu učinkovitost i dovesti do oštećenja metala. Odabir sustava premaza prilagođava se starosti i veličini broda, području plovidbe i financijskim mogućnostima, uzimajući u obzir trajnost, jednostavnost održavanja i inspekcije premaza.

5.2.1. Antikorozivni premazi

Antikorozivni premazi su bitni za zaštitu svih metalnih dijelova broda od različitih štetnih utjecaja kao što su voda, sol, ultraljubičasto zračenje Sunca, mehanička oštećenja i drugi faktori koji mogu uzrokovati koroziju i propadanje.

Njihova osnovna uloga je stvaranje zaštitnog sloja na metalnim površinama koji sprječava prodor vlage i kemikalija koje potiču koroziju. Antikorozivni premazi obično se primjenjuju nakon mehaničke pripreme površine broda, kao što je pjeskarenje, čišćenje i uklanjanje starih premaza.

Nakon što je površina pripremljena, nanosi se temeljni premaz (shopprimer) kako bi se osigurala početna zaštita tijekom građevinskih faza i prije konačnog nanošenja završnih slojeva premaza. Temeljni premazi moraju prodrijeti duboko u porozne površine metala kako bi osigurali dobru adheziju i trajnost premaza.⁶⁷

Postoje različite vrste antikorozivnih premaza, a među najčešće korištenim su prikazani u Tablici 9.

⁶⁶ Ibidem.

⁶⁷ Ibidem.

Tablica 9. Vrste antikorozivnih premaza i njihova kompozicija

Vrsta premaza	Sastav i svojstva	Prednosti	Nedostaci
Cinkov silikatni premazi	Visoki udio cinkovog praha u organskim ili anorganskim silikatnim polimerima. Topivi u vodi.	Otporni na visoke temperature tijekom zavarivanja. Povezuju se dobro s podlogom.	Potrebni kompatibilni završni premazi za potpunu zaštitu.
Cinkov epoksidni premazi	Dvokomponentni premazi s cinkovim prahom u epoksidnoj smoli s poliamidnim dodatkom.	Izvrсна zaštita od korozije, visoka otpornost na mehanička oštećenja.	Debljina nanosa ovisi o specifičnim zahtjevima, zaštita traje do 9 mjeseci.
Željezno-oksadni pigmentirani epoksidni premazi	Pigmentirani polimeri s željeznim oksidom i poliamidom kao ubrzivačem.	Solidna zaštita od korozije, jednostavna primjena, otporni na zavarivanje i rezanje.	Mogu biti manje učinkoviti u ekstremnim uvjetima u usporedbi s drugim premazima.
Polivinil-butiralni kopolimeri	Premazi s željeznim oksidima i korozivnim inhibitorima ili cinkovim kromatima.	Dobra kompatibilnost s drugim premazima, stabilnost tijekom aplikacije.	Obično manja debljina nanosa, što može zahtijevati češću primjenu.

Izvor: Izrada autora prema Skupini autora. (2009). Održavanje i remont brodova. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

Kompozicija antikorozivnih premaza obuhvaća nekoliko komponenti koji su prikazani u Tablici 10.

Tablica 10. Kompozicija antikorozivnih premaza

Komponenta	Opis i uloga u premazu
Veziva	Organske ili sintetičke smole koje osiguravaju adheziju, fleksibilnost i formiranje filma premaza.
Pigmenti	Pružaju boju, pokrivenost i zaštitu od UV zračenja i vanjskih elemenata.

Extendri	Punila koja poboljšavaju mehanička svojstva premaza i omogućuju lakše nanošenje debljih slojeva.
Otapala	Koriste se za postizanje odgovarajuće viskoznosti premaza i omogućuju pravilno nanošenje.
Siktativi	Kontroliraju proces sušenja, omogućujući brzo stvrdnjavanje i formiranje zaštitnog filma premaza.

Izvor: Izrada autora prema Skupini autora. (2009). Održavanje i remont brodova. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

Prema složenosti i svojstvima veziva, antikorozivne premaze možemo podijeliti na konvencionalne (jednostavne) i složene (sofisticirane) premaze. Konvencionalni premazi često se temelje na alkidnim smolama i lako se primjenjuju, ali imaju ograničena svojstva u usporedbi sa složenijim premazima koji mogu biti fizički ili kemijski sušivi, ovisno o zahtjevima zaštite i okolišnim uvjetima.⁶⁸

5.2.2. Antivegetativni premazi

Antivegetativni premazi su od vitalnog značaja za zaštitu trupa broda od naseljavanja biljnog i životinjskog svijeta, što može uzrokovati ozbiljne probleme kao što su povećani otpor pri plovidbi, povećana potrošnja goriva i dodatni troškovi održavanja. Razvoj ovih premaza ima dugu povijest koja seže od antičkih vremena do današnjice, s kontinuiranim usavršavanjem materijala i tehnologija kako bi se poboljšala učinkovitost i smanjili utjecaji na okoliš.

Drevni Feničani i Kartażani koristili su katran, mješavinu arsena, sumpora i ulja kako bi premazali drvene brodove radi zaštite od biljnog obraštanja. Grci su primijenili slične tehnike, dodajući olovo kao zaštitu od brodskih crva. U 18. stoljeću, bakar je postao popularan kao materijal za antivegetativnu zaštitu zbog svoje učinkovitosti protiv obraštanja, ali je postao nepraktičan s dolaskom čeličnih brodova zbog korozivnog djelovanja na čelik.⁶⁹

⁶⁸ Ibidem.

⁶⁹ Ibidem.

Prvi patentirani premaz protiv obraštanja, William Bealeov iz 1625. godine, sadržavao je željezni prah, cement i bakreni spoj. Kasnije, u 19. stoljeću, rastuća svijest o galvanskoj koroziji potaknula je potražnju za novim premazima koji će štiti čelične brodove bez negativnog utjecaja na materijal.⁷⁰

Tijekom 20. stoljeća, Talijanska Moravia razvila je premaz na bazi plastike koji je pružao visoku zaštitu od obraštanja, ali je zahtijevao grijanje prije nanošenja, što je bilo skupo i vremenski zahtjevno. Kasnije su se razvile tehnologije koje se suše isparavanjem otapala, olakšavajući primjenu.⁷¹ Organokositreni premazi su se pojavili kao „čudotvorno rješenje“ 1960-ih godina zbog svoje dugotrajne učinkovitosti, ali su kasnije bili zabranjeni zbog štetnih utjecaja na morski ekosustav.

Moderni premazi se uglavnom dijele na biocidne, koji koriste bakar kao glavni sastojak, i neobraštajuće premaze. Biocidni premazi otpuštaju bakar u okoliš kako bi spriječili rast organizama, dok neobraštajući premazi koriste glatke površine ili tehnologiju „foul release“ koja otežava naseljavanje organizama.⁷²

Sučelje između potrebe za učinkovitom zaštitom i zaštitom okoliša ostaje ključan izazov u razvoju novih premaza. Foul release tehnologija, koja se temelji na silikonskim premazima, smatra se najnaprednijom, ali je zbog visoke cijene još uvijek ograničeno primjenjiva za većinu brodova, poput tankera i brodova za rasuti teret.⁷³

Suvremene inovacije uključuju razvoj daljinski upravljanih robota za čišćenje premaza, što može pomoći u održavanju učinkovitosti i produženju vijeka trajanja premaza bez potrebe za agresivnim kemikalijama.⁷⁴

Ukupno gledajući, razvoj antivegetativnih premaza predstavlja balans između zaštite trupa broda i očuvanja morskog okoliša, uz nastojanje da se minimalizira ekološki utjecaj dok se istovremeno osigurava dugoročna učinkovitost i ekonomska isplativost.

⁷⁰ Ibidem.

⁷¹ Ibidem.

⁷² Ibidem.

⁷³ Ibidem.

⁷⁴ Ibidem.

6. ZAKLJUČAK

Održavanje broda, a osobito njegovog trupa, predstavlja složen i važan proces u pogledu osiguravanja dugotrajnosti, sigurnosti i operativne efikasnosti plovila. Održavanje broda je proces koji zahtijeva sustavni pristup koji obuhvaća različite dijelove koji uključuju preventivno održavanje, inspekcije, zaštitu od korozije i obraštanja te primjenu odgovarajućih zaštitnih premaza.

Redovito i pravilno održavanje trupa broda ne samo da doprinosi smanjenju operativnih troškova i povećanju ekonomičnosti plovidbe, već izravno utječe i na sigurnost plovidbe. Kontrola korozije i zaštita od obraštanja su bitni za očuvanje strukturalne integriteta broda, čime se osigurava njegova stabilnost i pouzdanost u svim uvjetima plovidbe. Primjena antikorozivnih i antivegetativnih premaza također ima važnu ekološku dimenziju, budući da pomaže u očuvanju morskog okoliša, smanjujući emisiju štetnih tvari i sprječavajući unošenje invazivnih vrsta u različite ekosustave.

Redovito i pravilno održavanje trupa broda ne samo da doprinosi smanjenju operativnih troškova i povećanju ekonomičnosti plovidbe, već izravno utječe i na sigurnost plovidbe. Kontrola korozije i zaštita od obraštanja su bitni za očuvanje strukturalne integriteta broda, čime se osigurava njegova stabilnost i pouzdanost u svim uvjetima plovidbe. Primjena antikorozivnih i antivegetativnih premaza također ima važnu ekološku dimenziju, budući da pomaže u očuvanju morskog okoliša, smanjujući emisiju štetnih tvari i sprječava unošenje invazivnih vrsta u različite

LITERATURA

1. Chandler, K. A. (2009). Marine and offshore corrosion. London: Butterworths.
2. Dvornik, J., Dvornik, S. (2013). Konstrukcija broda. Split.
3. Esih, I. (2003). Osnove površinske zaštite. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.
4. Ivošević, Š. (2016). Održavanje i bezbjednost broda.
5. Jelić-Mrčelič, G. (2016). Planiranje zahvata održavanja - izrada plana održavanja.
6. Juraga, I., Stojanović, I., Noršić, T. (2007). Zaštita broskog trupa od korozije i obraštanja. Brodogradnja: An International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering for Research and Development, 58(3), 278-283.
7. Knifić, Ž., Ivče, R., Komadina, P. (2014). Značenje uporabe zaštitnih premaza u održavanju trupa broda. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci.
8. Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R. (2007). Održavanje broda, zaštita materijala. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci.
9. Mohović, R., Zorović, D., Ivče, R. (2007). Održavanje broda, zaštita materijala. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci.
10. Nippon Kyokai. (n.d.). Statistical survey on wear of ships. Nippon Kyokai Technical Bulletin, 5.
11. Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova (2011).
12. Pravila za statutarnu certifikaciju pomorskih brodova, Opći propisi, NN 15/2019.
13. Pravilnik o brodicama, čamcima i jahtama, NN 13/2020.
14. Skupina autora. (2009). Održavanje i remont brodova. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

KAZALO KRATICA

Kratika	Naziv na engleskom jeziku	Naziv na hrvatskom jeziku
GT	<i>Gross Tonnage</i>	Bruto tonaža
IWS	<i>In-Water Survey</i>	Pregled u vodi
RO	<i>Recognized Organization</i>	Priznata Organizacija

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kategorizacija i vremenski okviri redovnih pregleda trupa broda.....	7
Tablica 2. Kategorizacija i uvjeti pregleda podvodnog dijela trupa broda prema mjestu pregleda	10
Tablica 3. Izvanredni pregledi trupa broda.....	13
Tablica 4. Metode održavanja trupa broda tijekom eksploatacije.....	14
Tablica 5. Broj šteta prema starosti brodova i vrsti spremnika.....	18
Tablica 6. Dijelovi obraštanja i zaštite trupa.....	20
Tablica 7. Priprema površine broskog trupa	26
Tablica 8. Mokri postupak pripreme površine broskog trupa.....	28
Tablica 9. Vrste antikorozivnih premaza i njihova kompozicija	33
Tablica 10. Kompozicija antikorozivnih premaza	33

POPIS SLIKA

Slika 1. Obraštaj podvodnog dijela broskog trupa	22
Slika 2. Obraslo dno plutajuće platforme	22