

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Luka Žarković**

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Luka Žarković

Zagreb, 2023.

**ZADATAK****SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: <b>602 – 04 / 23 – 6 / 1</b>	
Ur.broj: <b>15 - 1703 - 23 -</b>	

**ZAVRŠNI ZADATAK**

Student: **Luka Žarković** JMBAG: **0035223804**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza rasklapanja vanbrodskog motora**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of outboard engine disassembly**

Opis zadatka:

U Republici Hrvatskoj, kao turističkoj zemlji, sve je veći broj plovila. Mnoga su od njih manje veličine i koriste tzv. vanbrodske motore. Takve motore ponekad održavaju sami korisnici, izvan mreže ovlaštenih servisa, a pogotovo u izvanrednim slučajevima.

U radu je potrebno:

1. objasniti značaj primjene vanbrodskih motora, posebno u Republici Hrvatskoj
2. opisati odabrani vanbrodski motor te postupak njegovog održavanja
3. provesti analizu rasklapanja vanbrodskog motora.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Zadatak zadao:

Prof. dr.sc.  Zoran Kunica

Datum predaje rada:

- 1. rok:** 20. 2. 2023.  
**2. rok (izvanredni):** 10. 7. 2023.  
**3. rok:** 18. 9. 2023.

Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok:** 27. 2. – 3. 3. 2023.  
**2. rok (izvanredni):** 14. 7. 2023.  
**3. rok:** 25. 9. – 29. 9. 2023.

Predsjednik Povjerenstva:

 Prof. dr. sc. Branko Bauer

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Zoranu Kunici i asistentima Denisu Mliviću i Janu Topolnjaku na pomoći, sugestijama i strpljenju tijekom izrade ovoga rada.

Također se želim zahvaliti obitelji na podršci i razumijevanju tijekom studija.

U Zagrebu, 23. veljače 2023.

Luka Žarković

## **SAŽETAK**

Vanbrodski motori su motori s unutarnjim izgaranjem koji su montirani na krmeno zrcalo plovila i koriste se za pogon plovila kroz vodu. Ovi motori su važni u raznim aspektima, uključujući rekreacijsku plovidbu, vojne operacije, komercijalno ribarstvo i akcije traženja i spašavanja. Jedna od glavnih prednosti vanbrodskih motora je njihova prenosivost. To čini vanbrodske motore popularnim izborom za manja plovila. Relativno su jednostavni za upravljanje i održavanje, što ih čini dobrim izborom za brodare koji možda nemaju puno mehaničarskog iskustva. Međutim, i dalje je važno redovito obavljati održavanje na vanbrodskom motoru kako bi se osigurao siguran i učinkovit rad. Stoga je u ovome radu analiziran proces demontaže vanbrodskih motora, kao preduvjet za njihovo uspješno održavanje. Proces demontaže raščlanjen je na devet osnovnih elemenata rada.

Ključne riječi: vanbrodski motor, brodska industrija, održavanje, rasklapanje

## **SUMMARY**

Outboard engines are internal combustion engines that are mounted on the transom of the vessel and are used to propel the vessel through the water. These engines are important in a variety of ways, including recreational boating, military operations, commercial fishing, and search and rescue operations. One of the main advantages of outboard motors is their portability. This makes outboards a popular choice for smaller vessels. They are relatively easy to operate and maintain, making them a good choice for boaters who may not have much mechanical experience. However, it is still important to perform regular maintenance on outboard engine to ensure its safe and efficient operation. Therefore, this paper analyses the process of dismantling outboard engines, as a prerequisite for their successful maintenance. The disassembly process is broken down into nine basic work elements.

Key words: outboard engine, boating industry, maintenance, disassembly

## SADRŽAJ

ZADATAK.....	I
IZJAVA .....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY .....	IV
POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA ...	VII
POPIS SLIKA .....	VIII
POPIS TABLICA.....	X
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. VANBRODSKI MOTORI .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Razvoj vanbrodskih motora .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Vrste vanbrodskih motora.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Materijali.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4. Prednosti i nedostaci vanbrodskih motora .....</b>	<b>10</b>
<b>3. PRIMJENA VANBRODSKIH MOTORA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Općenite primjene vanbrodskih motora .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Primjena vanbrodskih motora u Republici Hrvatskoj .....</b>	<b>14</b>
<b>4. ODRŽAVANJE VANBRODSKOG MOTORA.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1. Postupak održavanja [13] .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2. Alati i oprema potrebni za održavanje.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3. Skladištenje tijekom perioda neaktivnosti .....</b>	<b>20</b>
<b>5. ANALIZA RASKLAPANJA VANBRODSKOG MOTORA .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1. Opis odabranog motora .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2. Struktura motora .....</b>	<b>24</b>

---

<b>5.3. Praktično rasklapanje motora .....</b>	<b>26</b>
<b>5.4. Plan demontaže motora .....</b>	<b>38</b>
<b>5.5. Određivanje vremena demontaže sustavom MTM-2 .....</b>	<b>40</b>
<b>5.6. Potreban broj radnih mjesta .....</b>	<b>45</b>
<b>5.7. Graf prethodnosti demontaže.....</b>	<b>45</b>
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>47</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>49</b>



## POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
<i>C</i>	minuta/dan	potreban vremenski kapacitet montaže
<i>c</i>	minuta/dan	vremenski kapacitet jednog radnog mjesta
<i>m</i>		potreban broj radnih mjesta
MTM		eng. <i>Methods-Time Measurement</i>
P	(KS) kW	snaga
TMU		eng. <i>Time Measuring Unit</i>

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Prikaz parnog brodskog motora [1].....	2
Slika 2. Vanbrodski motor Ole Evinrude 1909. godine [2].....	3
Slika 3. Vanbrodski motor 1960-ih godina [4].....	5
Slika 4. Vanbrodski motor na biodizel [5] .....	6
Slika 5. Vanbrodski motor današnjice [6] .....	7
Slika 6. Uže za pokretanje motora.....	8
Slika 7. Utjecaj nagiba motora [7].....	9
Slika 8. Rekreativno plovilo [9] .....	12
Slika 9. Barka za ribolov [10].....	12
Slika 10. Gliser .....	13
Slika 11. Plovilo za intervencije [11] .....	13
Slika 12. Plovilo namijenjeno u gospodarske svrhe (najam).....	15
Slika 13. Ulje za četverotakni vanbrodski motor [14].....	16
Slika 14. Svjećica vanbrodskog motora .....	17
Slika 15. Filter goriva [15] .....	17
Slika 16. Sustav za hlađenje .....	18
Slika 17. Zupčasti remen .....	18
Slika 18. Oštećeni propeler.....	19
Slika 19. Vanbrodski motor Tomos 4KS .....	23
Slika 20. Prikaz vanbrodskog motora na stalku .....	27
Slika 21. Konektor za dovod goriva .....	28

---

Slika 22. Poklopac motora.....	29
Slika 23. Pokretački sklop .....	30
Slika 24. Filter zraka.....	31
Slika 25. Rasplinjač (karburator).....	32
Slika 26. Nečistoća u posudi rasplinjača .....	33
Slika 27. Mlaznica (dizna) rasplinjača .....	34
Slika 28. Filter goriva .....	35
Slika 29. Klip (klipnjača nije vidljiva) .....	36
Slika 30. Zamjena ulja u peti motora.....	37
Slika 31. Sustav MTM-2: kategorije pokreta s modelima odlučivanja [22] .....	41
Slika 32. Sustav MTM-2: model dodjele vremenskih jedinica [22].....	42
Slika 33. Graf prethodnosti.....	46

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Prednosti i nedostaci vanbrodskih motora.....	10
Tablica 2. Strukturna sastavnica vanbrodskog motora [19] .....	25
Tablica 3. Plan demontaže vanbrodskog motora [19] .....	39
Tablica 4. Analiza elementa E4 rada sustavom MTM-2 .....	43
Tablica 5. Vremena izvođenja elemenata rada.....	44

## **1. UVOD**

Vanbrodski motori su popularan izbor za pogon brodova, nudeći svestranost i lakoću korištenja. Međutim, kao i svi mehanički sustavi, vanbrodski motori zahtijevaju redovno održavanje kako bi radili na najboljoj mogućoj razini. U ovom radu prikazane su osnove vanbrodskog motora i raspravljani koraci u održavanju koji trebaju biti obavljeni kako bi motor pri korištenju radio uredno.

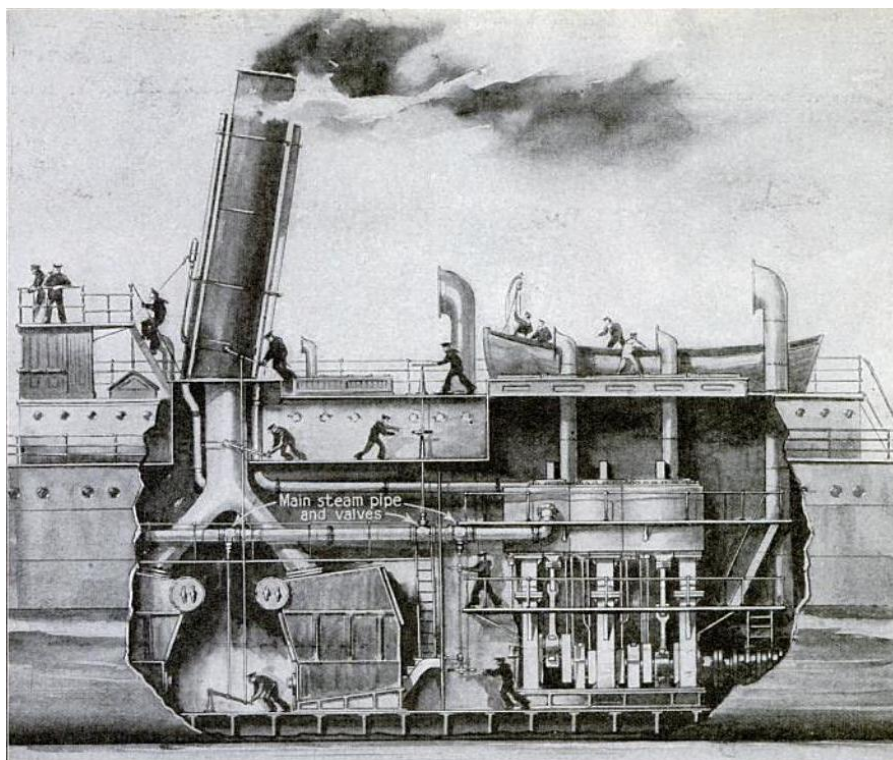
Na samom početku, pokazane su različite vrste vanbrodskih motora i njihovih dijelova. Objasnjena je važnost redovnog održavanja i konkretni poslovi koje treba obaviti, poput provjere i promjene ulja, čišćenja i pregledavanja svjećica i zamjene filtera za gorivo. Također, obrađena je važnost zimskog skladištenja vanbrodskog motora u svrhu zaštite od elemenata tijekom perioda neaktivnosti.

U drugom dijelu rada provedena je analiza rasklapanja vanbrodskog motora. Izrađena je strukturna sastavnica u koju su unijeti dijelovi i sklopovi motora te je praktično provedeno rasklapanje vanbrodskog motora na temelju kojeg je izrađen plan demontaže. Razmatrani plan demontaže može se smatrati inverznim planom montaže. Sustavom unaprijed određenih vremena MTM-2 provedena je analiza jednog elementa rada te je prikazano ukupno trajanje rasklapanja odabranog motora. Grafom prethodnosti je prikazan logični redoslijed obavljanja demontaže.

## 2. VANBRODSKI MOTORI

### 2.1. Razvoj vanbrodskih motora

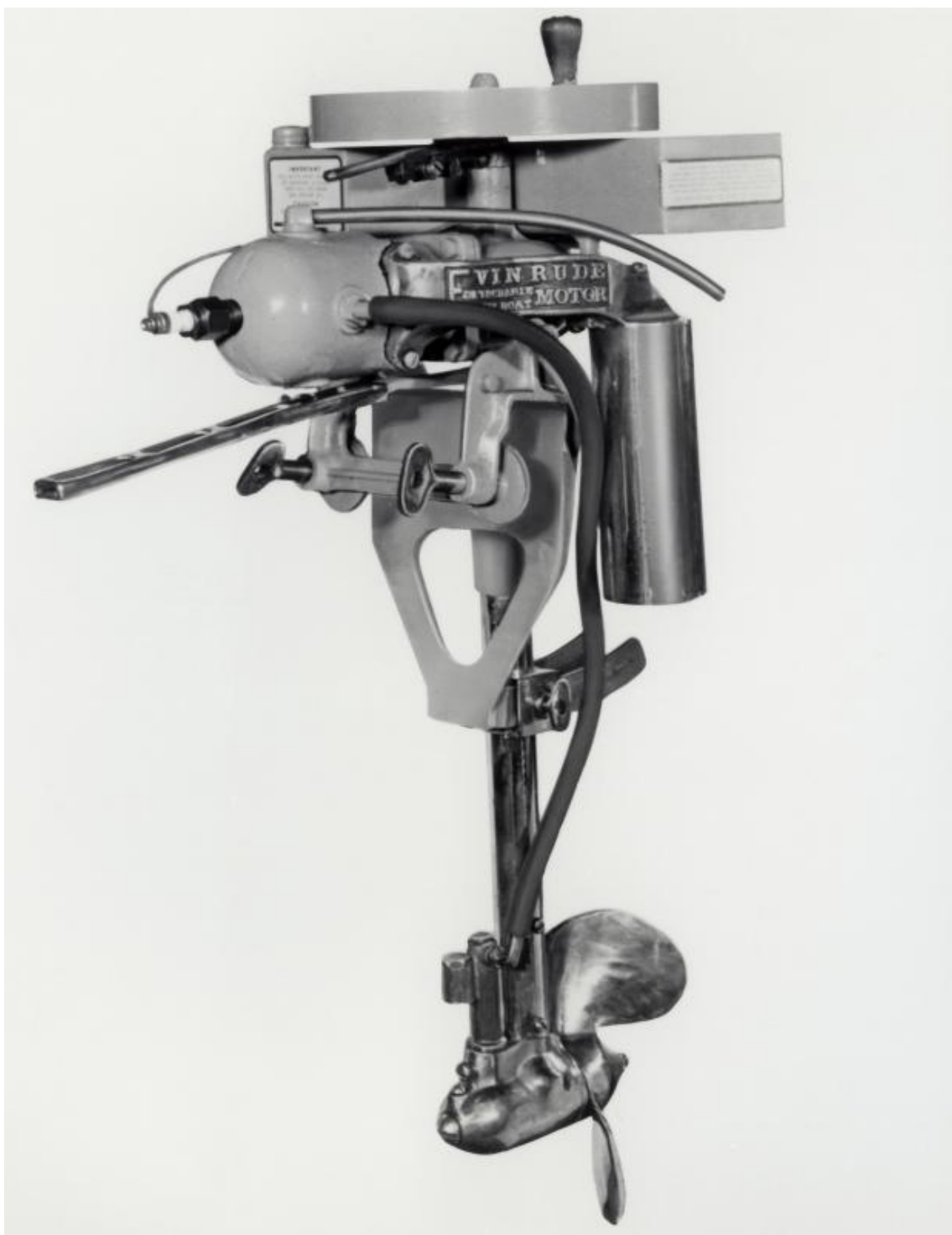
Povijest brodskih motora seže u rane 1800-te, kada su parni strojevi prvi put korišteni za pogon brodova. Ti rani parni strojevi bili su veliki i glomazni, što ih je činilo teškim za manevriranje i održavanje (Slika 1.). U kasnim 1800-ima razvijeni su prvi motori s unutarnjim izgaranjem, koji su bili učinkovitiji i kompaktniji od parnih strojeva. Ovi motori su se u početku koristili u kopnenim vozilima, ali su ubrzo prilagođeni i za upotrebu na plovilima.



Slika 1. Prikaz parnog broskog motora [1]

Početak 20. stoljeća dostupnost benzinskih motora dovela je do razvoja prvih vanbrodskih motora koji su bili pokretani unutarnjim izgaranjem. Prvi komercijalno

uspješan vanbrodski motor bio je Evinrude Outboard Motor, koji je razvio Ole Evinrude 1909. godine (Slika 2.) [2]. Ovaj motor je pokretao dvotaktni benzinski motor i dizajniran je da bude lagan i prenosiv. Također je bio relativno jednostavan za rukovanje, s ručnim pokretačem i regulatorom gasa koji je operateru omogućavao podešavanje brzine motora.



**Slika 2. Vanbrodski motor Ole Evinrude 1909. godine [2]**

U 1950-ima vanbrodski motori počeli su stjecati široku popularnost zbog svoje praktičnosti i jednostavnosti korištenja. Ovi su motori konstruirani da budu lagani i laki za manevriranje, što ih čini popularnim izborom za mala plovila. U 1960-ima i 1970-ima vanbrodski motori postali su još napredniji, uvođenjem sustava elektroničkog paljenja i ubrizgavanja goriva.

Tijekom sljedećih nekoliko desetljeća, vanbrodski motori nastavili su se razvijati i poboljšavati. U 1950-ima i 1960-ima četverotaktni motori (Slika 3.) postali su popularniji jer su bili učinkovitiji u potrošnji goriva i proizvodili su manje emisija od dvotaktnih motora. U 1970-ima i 1980-ima, vanbrodski motori postajali su sve sofisticiraniji, uz dodatak značajki kao što su elektroničko paljenje i ubrizgavanje ulja. Ova poboljšanja učinila su vanbrodske motore pouzdanijima i lakšima za održavanje. [3]

Vanbrodski motori prešli su dug put od svojih ranih početaka u kasnom 19. stoljeću. Današnji vanbrodski motori napredniji su i sofisticiraniji nego ikad prije, s nizom značajki i tehnologija koje ih čine snažnijima, učinkovitijima i pouzdanijima.

Jedan od ključnih razvoja posljednjih godina bila je uporaba četverotaktnih motora, koji su učinkovitiji u potrošnji goriva i proizvode manje emisija od dvotaktnih motora. Mnogi vanbrodski motori sada također imaju elektronsko paljenje i ubrizgavanje ulja, što pomaže u poboljšanju njihovih performansi i smanjuje potrebu za održavanjem.

Druge nove tehnologije koje se ugrađuju u vanbrodske motore uključuju izravno ubrizgavanje i promjenjivo vrijeme ventila. Izravno ubrizgavanje omogućuje motoru da preciznije kontrolira količinu goriva koja se ubrizgava u komoru za izgaranje, što može poboljšati učinkovitost goriva i smanjiti emisije. Promjenjivo vrijeme otvaranja i zatvaranja ventila omogućuje optimiranje performansi i učinkovitosti motora.

Uz ovaj tehnološki napredak, mnogi vanbrodski motori sada se dizajniraju s fokusom na održivost i odgovornost prema okolišu. Na primjer, neki vanbrodski motori se razvijaju za rad na alternativna goriva kao što su etanol ili biodizel (Slika 4.), što može pomoći u smanjenju emisija ugljika i drugih negativnih utjecaja na okoliš.





Slika 3. Vanbrodski motor 1960-ih godina [4]



**Slika 4. Vanbrodski motor na biodizel [5]**

Vanbrodski motori današnjice (Slika 5.) snažniji su, učinkovitiji i pouzdaniji nego ikad, te pomažu da plovidba bude pristupačnija i ugodnija za ljude diljem svijeta.



Slika 5. Vanbrodski motor današnjice [6]



## 2.2. Vrste vanbrodskih motora

Postoji dvije vrste vanbrodskih motora, dvotaktni i četverotaktni motori. Dvotaktni motori općenito su lakši i snažniji od četverotaktnih motora, ali također imaju veću potrošnju goriva i više zagađuju okoliš. Četverotaktni motori su, s druge strane, učinkovitiji u potrošnji goriva i proizvode manje emisija, ali su također obično teži i slabiji od dvotaktnih motora.

Vanbrodski motori također su dostupni u nizu veličina i konjskih snaga, od malih prijenosnih motora s manje od 5 konjskih snaga do velikih motora s više od 300 konjskih snaga.

Vanbrodski motori dostupni su u verzijama s ručnim ili električnim pokretanjem. Motori s ručnim pokretanjem zahtijevaju upotrebu užeta za pokretanje (Slika 6.), dok se motori s električnim pokretanjem mogu pokrenuti pomoću ključa ili prekidača.



**Slika 6. Uže za pokretanje motora**

Neki vanbrodski motori imaju dodatne značajke, kao što su električni *trim* i nagib, što omogućuje podešavanje kuta motora dok je plovilo u vodi. To može biti korisno za

optimiziranje performansi plovila u različitim uvjetima što je prikazano na slici 7., kao što je kada je plovilo krcato putnicima ili kada radi u plitkoj vodi.



**Slika 7. Utjecaj nagiba motora [7]**

### **2.3. Materijali**

Vanbrodski motori obično se izrađuju od različitih materijala, uključujući aluminij, nehrđajući čelik, lijevano željezo i razne vrste plastike i kompozitnih materijala.

Blok motora, u kojem se nalaze cilindri i druge unutarnje komponente motora, obično je izrađen od aluminijske ili lijevanog željeza. Aluminij je lagan i čvrst materijal koji je vrlo prikladan za upotrebu u vanbrodskim motorima jer pomaže smanjiti ukupnu težinu motora, što je važno za plovila koji su dizajnirani da budu lagani i lako prenosivi. Lijevano željezo je izdržljiviji materijal koji se često koristi u većim vanbrodskim motorima gdje su snaga i izdržljivost važniji od težine.

Glava motora i kućište bregastog vratila, koji sadrže ventile i druge komponente motora, obično su izrađeni od aluminijske ili lijevanog željeza. Koljenasto vratilo (radilica), koje pretvara recipročno gibanje klipova u rotacijsko gibanje, obično je izrađeno od čelika visoke čvrstoće ili lijevanog željeza.

Ostali materijali korišteni u konstrukciji vanbrodskih motora uključuju nehrđajući čelik za razne pričvrstne elemente i priključke, kao i razne vrste plastičnih i kompozitnih materijala za spremnik goriva, usisnu i ispušnu granu i druge dijelove.

Općenito, materijali koji se koriste u proizvodnji vanbrodskih motora odabrani su zbog njihove čvrstoće, izdržljivosti i svojstava male težine, kao i njihove sposobnosti da izdrže surovo morsko okruženje u kojem se vanbrodski motori obično koriste. [8]

## 2.4. Prednosti i nedostaci vanbrodskih motora

Tablica 1. navodi prednosti i nedostatke vanbrodskih motora.

**Tablica 1. Prednosti i nedostaci vanbrodskih motora**

<b>Prednosti</b>	<b>Nedostaci</b>
Lako se instaliraju i skidaju	Izloženi vanjskim elementima (sol, vlaga)
Relativno lagani	Manje učinkoviti od unutarnjih motora
Mogućnosti naginjanja izvan vode	Mogu biti manje pouzdani od unutarnjih motora
Lako se premještaju između brodova	Skuplji popravci ili zamjena od unutarnjih motora
Lako se servisiraju i popravljaju	Zauzimaju dosta prostora na krmenom dijelu plovila

### 3. PRIMJENA VANBRODSKIH MOTORA

#### 3.1. Općenite primjene vanbrodskih motora

Vanbrodski motori koriste se za pogon manjih plovila, kao što su ribarska, pontonska i osobna plovila. Postavljeni su s vanjske strane trupa plovila i obično se koriste za pogon plovila kroz vodu. Vanbrodski motori općenito su lakši i prijenosniji od unutarnjih motora, što ih čini popularnim izborom za manje brodove koji možda neće moći podnijeti težinu unutarbrodskog motora.

Koriste se u širokom rasponu rekreacijskih i komercijalnih primjena, uključujući:

- Rekreacijska plovidba (Slika 8.) – na malim plovilima u rekreacijske svrhe, kao što su razgledavanje i vodeni sportovi.
- Ribolov (Slika 9.) – na plovilima za ribolov kako bi osigurali snagu za *panulu* ili za kretanje između mjesta za ribolov.
- Osobna plovila (Slika 10.) – za pogon osobnih plovila, kao što su gliseri, koji su dizajnirani za rad na velikim brzinama na vodi.
- Komercijalne i hitne usluge (Slika 11.) – na malim plovilima za komercijalne i hitne usluge, kao što su trajektne usluge, brodovi za izlete i plovila za intervencije.



Slika 8. Rekreativno plovilo [9]



Slika 9. Barka za ribolov [10]





Slika 10. Gliser



Slika 11. Plovilo za intervencije [11]

### 3.2. Primjena vanbrodskih motora u Republici Hrvatskoj

Značajan dio Republike Hrvatske vezan je uz more, gdje ljudima brodovi (time i vanbrodski motori) omogućuju kretanje i bavljenje gospodarskim djelatnostima, jedna od kojih je svakako turizam. Stoga, primjena vanbrodskih motora u Republici Hrvatskoj u velikoj je mjeri povezana s turističkom djelatnošću. Hrvatska je popularno turističko odredište poznato po svojoj razvedenoj obali koja uključuje više od 1000 otoka. Tako je prijevoz brodom popularna aktivnost za turiste koji posjećuju zemlju.

U Hrvatskoj postoji mnogo različitih vrsta aktivnosti na brodu, uključujući jedrenje, krstarenje, ribolov i još mnogo toga. Neka popularna odredišta za aktivnosti brodom u Hrvatskoj uključuju Istru, Dubrovnik, Split te otoke Hvar i Korčulu.

Turizam je važna gospodarska grana u Hrvatskoj, a posljednjih godina bilježi stalni porast broja turista koji posjećuju zemlju. Prema podacima Ministarstva turizma, Hrvatska je u 2019. godini imala rekordan broj turista, oko 18,5 milijuna posjetitelja. Prema Državnom zavodu za statistiku 57 % plovila u marinama 2021. godine su bila plovila strane zastave [12].

Turistička sezona u Hrvatskoj općenito se smatra jakom, ali kratkom. Vrhunac turističke sezone u Hrvatskoj obično traje od lipnja do kolovoza, kada je vrijeme toplo i sunčano, a plaže su najprometnije. Tijekom tog razdoblja, mnoga poduzeća orijentirana na turizam, kao što su hoteli, restorani i brodski turistički operateri, otvoreni su i rade punim kapacitetom.

Za poduzetnike koji se bave turističkom djelatnošću u Hrvatskoj važan je svaki dan turističke sezone jer velika potražnja za uslugama u tom razdoblju može značajno doprinijeti njihovom godišnjem prihodu. Kao rezultat toga, za te je tvrtke važno da budu dobro pripremljene i da pružaju visokokvalitetne usluge svojim klijentima kako bi maksimirale svoj profit i osigurale svoj uspjeh.

U turističkoj industriji važno je da operateri brodova (Slika 12.) imaju svoje vanbrodske motore u dobrom radnom stanju kako bi osigurali rad bez neočekivanog zastoja. Ako na vanbrodskom motoru dođe do problema ili kvara, to može uzrokovati značajne zastoje u radu plovila i dovesti do gubitka prihoda za operatera i uzrokovati nezadovoljstvo korisnika. Iz tog je razloga važno da rukovatelji plovila znaju kako sami

popraviti svoje vanbrodske motore ili da imaju mogućnost brzog pristupa mehaničaru koji će brzo i učinkovito popraviti motor.

Ako operater broda mora dugo čekati da mehaničar popravi njegov vanbrodski motor, to može biti skupo i nepogodno. Svaki dan kada motor ne radi, brod ne može raditi, što znači da operater gubi potencijalan prihod. Znajući sami kako rasklopiti, popraviti i sklopiti motor, operateri brodova mogu minimirati vrijeme zastoja i omogućiti nesmetan rad svojih brodova.



**Slika 12. Plovilo namijenjeno u gospodarstvene svrhe (najam)**

## 4. ODRŽAVANJE VANBRODSKOG MOTORA

### 4.1. Postupak održavanja [13]

Održavanje vanbrodskog motora važno je kako bi se osigurao nesmetan i učinkovit rad te kako bi se produžio njegov životni vijek. Nekoliko ključnih koraka koje treba uzeti u obzir prilikom održavanja vanbrodskog motora su:

- Provjera i zamjena ulja. Vanbrodski motori zahtijevaju redovite izmjene ulja (Slika 13.) kako bi bili pravilno podmazani. Učestalost izmjene ulja ovisit će o vrsti motora i preporukama proizvođača. Obavezno je koristiti odgovarajuću vrstu ulja za svoj motor i slijediti preporuke proizvođača za interval izmjene ulja.



Slika 13. Ulje za četverotakni vanbrodski motor [14]

- Provjera i zamjena svjećica. Svjećica (Slika 14.) je kritična komponenta vanbrodskog motora jer je odgovorna za paljenje mješavine goriva i zraka u



motoru. Svjećicu je potrebno povremeno mijenjati, obično svakih 100 do 150 sati rada ili na kraju sezone.



**Slika 14. Svjećica vanbrodskog motora**

- Zamjena filtera goriva. Filter goriva (Slika 15.) pomaže ukloniti nečistoće i ostatke iz goriva, koji mogu začepiti sustav goriva i smanjiti performanse motora. Filter goriva treba mijenjati prema preporukama proizvođača.



**Slika 15. Filter goriva [15]**

- Čišćenje sustava za hlađenje. Sustav hlađenja (Slika 16.) je odgovoran za održavanje odgovarajuće radne temperature motora. Važno je redovito

provjeravati rashladni sustav i po potrebi ga čistiti. To može uključivati ispiranje rashladnog sustava, zamjenu termostata ili čišćenje pumpe za vodu.



**Slika 16. Sustav za hlađenje**

- Zupčasti remeni. Neki četverotaktni motori imaju zupčaste remene (Slika 17.) koje je potrebno mijenjati u redovitim intervalima kako bi se osigurao ispravan rad motora.



**Slika 17. Zupčasti remen**

- Provjera i zamjena propelera. Propeler (Slika 18.) je važna komponenta vanbrodskog motora jer je odgovoran za pogon plovila kroz vodu. Važno je redovito provjeravati ima li oštećenja ili istrošenosti propelera i po potrebi ga zamijeniti.



**Slika 18. Oštećeni propeler**

Sve u svemu, četverotaktni motori mogu zahtijevati nešto manje održavanja od dvotaktnih motora, ali obje vrste motora trebaju redovito održavanje (uključuje redovite preglede, čišćenje i zadatke održavanja kao što je promjena ulja, svjećica i filtera goriva prema potrebi) kako bi se osigurao učinkovit rad motora.

#### **4.2. Alati i oprema potrebni za održavanje**

Za održavanje vanbrodskog motora potrebno je imati nekoliko osnovnih alata i potrepština [16]:

- 1) Set ključeva za odvrtnanje i postavljanje vijaka i matica na motoru.
- 2) Set odvijača za odvrtnanje i postavljanje vijaka na motoru.

- 3) Set kliješta za hvatanje i držanje dijelova.
- 4) Škare za izvlačenje izolacije žice.
- 5) Multimetar za testiranje električnih komponenti.
- 6) Alat za zamjenu svjećica.
- 7) Tester kompresije.
- 8) Ključ za ukljanjanje i postavljanje filtera goriva.
- 9) Pumpicu za promjenu ulja u motoru.
- 10) Posudu za skupljanje ulja prilikom mijenjanja.
- 11) Lijevak za dodavanje ulja ili goriva u motor.

Također je korisno imati čisto i dobro osvijetljeno radno mjesto i nositi zaštitnu opremu, poput rukavica, zaštite za oči i masku dok se izvodi rad na motoru

### **4.3. Skladištenje tijekom perioda neaktivnosti**

Vanbrodski motor može se skladištiti na način koji osigurava dobro stanje za buduću upotrebu kroz proces skladištenja [17]. Ovaj proces uključuje sljedeće korake:

- Čišćenje motora kako bi se spriječio razvoj hrđe i korozije.
- Ispuštanje ulja i maziva za prijenosnike iz motora, ako je moguće, kako bi se spriječilo njihovo skrućivanje i začepljenje.
- Rastavljanje i čišćenje dijelova kao što su karburator, svjećice i komponente sustava goriva radi sprječavanja hrđe i korozije, kao i za prepoznavanje i zamjenu istrošenih ili oštećenih dijelova.
- Pravilno skladištenje motora na suhom mjestu, zaštićeno od vlage i izravne sunčeve svjetlosti, te po mogućnosti sa zaštitnim poklopcem za zaštitu od prašine i drugih čimbenika okoline.
- Periodična provjera motora tijekom perioda skladištenja kako bi se osiguralo da je suh i bez vlage, te brzo čišćenje i tretman svih područja zahvaćenih hrđom ili korozijom.
- Ovim procesom skladištenja može se osigurati dobro stanje vanbrodskog motora za buduću upotrebu, s dijelovima koji se rastavljaju i čiste kako bi se produžio njegov životni vijek i spriječio razvoj potencijalnih problema.



## 5. ANALIZA RASKLAPANJA VANBRODSKOG MOTORA

Ova analiza se fokusira na rastavljanje vanbrodskog motora, istražujući različite komponente i njihove funkcije. Pruža sveobuhvatni pregled koraka uključenih u proces rastavljanja i nudi uvid u održavanje i njegu pogonske jedinice. Razumijevanjem rada motora putem rastavljanja, moguće je stećnuti dublji uvid u njegov dizajn i funkcionalnost te donijeti odluke o njegovom održavanju i popravku.

### 5.1. Opis odabranog motora

Tomosovi vanbrodski motori su do nedavno bili jedni od najzastupljenijih vanbrodskih motora u Hrvatskoj iz više razloga. Jedan od primarnih razloga je taj što je Tomos bio tvrtka iz susjedne Slovenije, pa su motori bili lako dostupni.

Drugi razlog popularnosti Tomosovih vanbrodskih motora u Hrvatskoj je njihova pouzdanost i izdržljivost. Hrvati koji su koristili Tomosove motore za ribolov ili prijevoz u Jadranskom moru mogli su se pouzdati u njihovu kvalitetnu izvedbu, čak i u zahtjevnim uvjetima.

Osim toga, Tomosovi vanbrodski motori su relativno jednostavni za održavanje i popravak, što ih je činilo praktičnim izborom za vlasnike plovila koji nisu imali pristup naprednim mehaničkim resursima.

Naposljetku, popularnost Tomosovih vanbrodskih motora u Hrvatskoj proizašla je i iz njihove pristupačnosti. Mnogi Hrvati koji su imali plovila nisu si mogli priuštiti kupnju skupljih motora, a Tomos im je pružio pouzdanu i pristupačnu opciju.

Sve u svemu, kombinacija dostupnosti, pristupačnosti, pouzdanosti, praktičnosti i male potrošnje goriva pridonijela je širokoj upotrebi Tomosovih vanbrodskih motora u Hrvatskoj.

Odabrani vanbrodski motor Tomos (Slika 19.) s izlaznom snagom od četiri konjske snage, nudi dovoljno snage za rekreacijsku i ribolovnu plovidbu. Motor ima laku i kompaktnu konstrukciju, što ga čini lakim za transport i skladištenje. Opremljen je pouzdanim sustavom goriva i kontrolama jednostavnim za korištenje, što ga čini praktičnim za rukovanje. Osim toga, izrađen je od izdržljivih materijala i ima završnu obradu otpornu na koroziju, čime se osiguravaju dugotrajne performanse i pouzdanost.

Održavanje, odnosno rasklapanje i upoznavanje s dijelovima vanbrodskog motora Tomos predstavlja dobru podlogu znanja za rasklapanje bilo kojeg drugog vanbrodskog motora.



**Slika 19. Vanbrodski motor Tomos 4KS**

## **5.2. Struktura motora**

Struktura proizvoda opisuje raspored ugradbenih elemenata i njihove međusobne odnose u proizvodu. Njome se definiira dubina podjele proizvoda, mogući broj sklopova i njihova međusobna hijerarhijska zavisnost [18]. Struktura proizvoda će biti prikazana pomoću strukturne sastavnice. Odabrani motor ima preko 50 dijelova, no zbog preglednosti i jednostavnosti, u strukturnoj sastavnici (Tablica 2.), navedeni su osnovni sklopovi i dijelovi.

Tablica 2. Strukturna sastavnica vanbrodskog motora [19]

FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb		STRUKTURNA SASTAVNICA										Datum izrade: 2023-02-22		K:		List: 1	
Naziv: Vanbrodski motor		Identifikat:										Broj crteža:		Kl:		Listova: 1	
Stupanj ugradnje	Identifikat ugradbenog dijela	Naziv ugradbenog dijela	Format crteža	Broj crteža	Broj pozicija na sklopom crtežu	K	Kl	JM	Količina	Broj izmjene	Datum izmjene	S	Datum stupanja				
..1	UE1	Vanjski sklop				F	I1	1									
..2	UE2	Poklopac motora				T	I1	1									
..2	UE3	Pokretački sklop				S	I1	1									
...3	UE4	Poklopac pokretačkog sklopa				T	I1	1									
...3	UE5	Vijci				T	I1	3									
...3	UE6	Uže za pokretanje				T	I1	1									
...3	UE7	Opruga				T	I1	1									
..2	UE8	Rasplinjač (karburator)				S	I1	1									
...3	UE9	Vijci				T	I1	4									
...3	UE10	Posuda rasplinjača				T	I1	1									
...3	UE11	Čok				T	I1	1									
...3	UE12	Brtva				T	I1	1									
...3	UE13	Plovak				T	I1	1									
...3	UE14	Dizna				T	I1	1									
..2	UE15	Filter goriva				T	I1	1									
..2	UE16	Filter zraka				T	I1	1									
...3	UE17	Vijci				T	I1	2									
..2	UE18	Klipnjača				S	I1	1									
...3	UE19	Svjećica				T	I1	1									
...3	UE20	Poklopac klipnjače				T	I1	1									
...3	UE21	Matice				T	I1	4									
...3	UE22	Vijci				T	I1	6									
...3	UE23	Poklopac cilindra				T	I1	1									
...3	UE24	Klip				T	I1	1									
..2	UE25	Peta motora				S	I1	1									
...3	UE26	Vijci				T	I1	2									
...3	UE27	Propeler				T	I1	1									
..2	UE28	Crijevo za dovod goriva				T	I1	1									
..2	UE29	Spremnik goriva				T	I1	1									
JM - jedinica mjere:		K - karakter dijela:										S - status ključ:		Broj sastavnice:			
11 - komad	31 - mm	44 - m <sup>2</sup>	54 - m <sup>3</sup>	D - dio u užem smislu		10 - lijevaonica		40 - pogon održavanja		U - ubacivanje dijela		1					
20 - gram	33 - cm	52 - cm <sup>3</sup>	61 - dcl	F - fiktivni sklop		15 - teška obrada		54 - nabava		B - brisanje dijela							
21 - dkg	41 - mm <sup>2</sup>	53 - dm <sup>2</sup>	62 - l	M - materijal (sirovina)		20 - laka obrada		55 - kooperacija domaća		R - izvedeni dio							
22 - kg	42 - cm <sup>2</sup>					30 - montaža		56 - kooperacija inozemna		* - alternativni dio							

### **5.3. Praktično rasklapanje motora**

Glavne komponente vanbrodskog motora Tomos mogu se rastaviti radi čišćenja i zamjene potrošnih (istrošenih) dijelova. U nastavku su navedeni koraci rasklapanja – elementi rada, njih devet, po redosljedu koji se smatra najlogičnijim.

E1) Kako bi se motor osigurao od pomjeranja tijekom rasklapanja, ručno se priteže steznim vijcima za stalak (Slika 20.). Stalak pruža stabilnu platformu za rad na motoru, poboljšava pristup svim stranama motora i omogućuje rad i testiranje motora u kontroliranom okruženju. To pomaže u izbjegavanju pogrešaka i dijagnosticiranju problema prije ponovne ugradnje motora na plovilo.



**Slika 20. Prikaz vanbrodskog motora na stalku**

E2) Odspojiti dovod goriva. Prije odspajanja dovoda goriva motor treba biti ugašen, konektor crijeva za gorivo treba otpustiti, preostalo gorivo treba ispustiti. Također, potrebno je pregledati crijevo i konektor te utvrditi ima li oštećenja. Prikaz konektora za dovod goriva prikazan je na slici 21.





**Slika 21. Konektor za dovod goriva**

E3) Odvojiti poklopac motora. Kako bi pristup unutarnjim komponentama bio moguć potrebno je odvojiti poklopac motora (Slika 22.).





**Slika 22. Poklopac motora**

E4) Rasklopiti pokretački sklop. S ciljem provjere (inspekcije) užeta za paljenje motora i opruge koja vraća užu u prvobitni položaj, potrebno je rasklopiti pokretački sklop (Slika 23.). Posebnu pažnju treba imati u trenutku skidanja poklopca jer bi unutarnja opruga mogla naglo iskočiti.



**Slika 23. Pokretački sklop**

E5) Odspojiti filter zraka. Kako bi pristup rasplinjaču (karburatoru) bio moguć, potrebno je odspojiti filter zraka (Slika 24.), izvršiti provjeru čistoće te ga po potrebi zamijeniti.





**Slika 24. Filter zraka**

E6) Rasklopiti rasplinjač. Servisiranje rasplinjača (Slika 25.) vanbrodskog motora ključno je za održavanje performansi i pouzdanosti motora. Tijekom vremena, posuda karburatora i mlaznica (dizna) se mogu začepiti nečistoćom (slike 26. i 27.), što dovodi

do smanjene učinkovitosti goriva i snage motora. Osim toga, onečišćen ili neispravan rasplinjač može dovesti do propuštanja stranih čestica koje mogu uzrokovati istjecanje (curenje) zraka i nestabilnosti u smjesi, a samim time i štetu na motoru. Servisiranje rasplinjača uključuje čišćenje ili zamjenu njegovih komponenti, podešavanje mješavine zraka i goriva i osiguravanje ispravnog rada prigušnice. To pomaže u osiguravanju učinkovitog i pouzdanog rada motora te može pomoći u produljenju vijeka trajanja motora. Redoviti servis rasplinjača važan je dio rutinskog održavanja motora.



**Slika 25. Rasplinjač (karburator)**



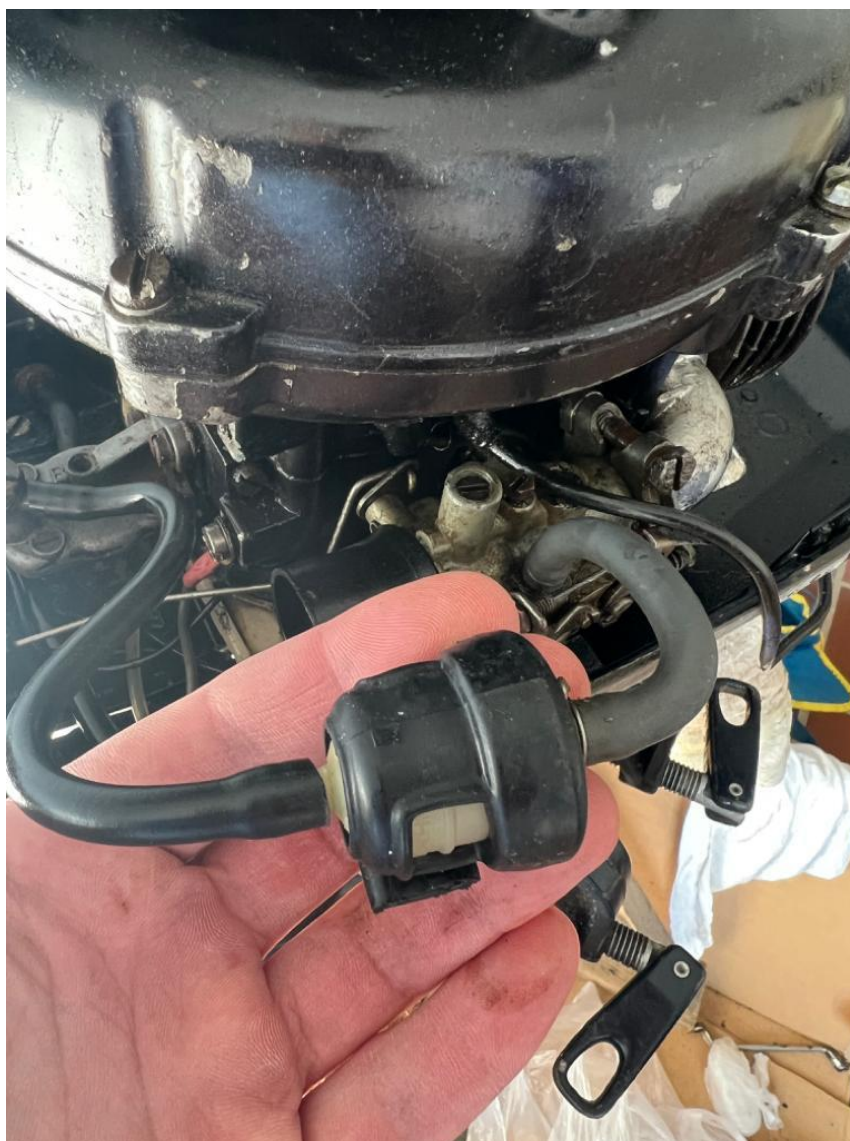


**Slika 26. Nečistoća u posudi rasplinjača**



**Slika 27. Mlaznica (dizna) rasplinjača**

E7) Odspojiti filter goriva. Servisiranje filtera goriva, prikazanog na slici 28., na vanbrodskom motoru ključno je za održavanje optimalnih performansi motora i sprječavanje skupih oštećenja motora. Filter za gorivo pomaže u sprječavanju ulaska stranih čestica, vode i drugih onečišćenja iz spremnika u sustav goriva motora, što može uzrokovati loš rad motora, smanjenu učinkovitost goriva, pa čak i kvar motora. Tijekom vremena, filter se može začepiti, ograničavajući protok goriva i uzrokovati loš rad motora. Servisiranje filtera za gorivo uključuje zamjenu ili čišćenje filtera i pregled vodova za gorivo i spojeva zbog propuštanja ili oštećenja. Navedeni postupci osiguravaju da motor dobiva čistu i dosljednu opskrbu gorivom, što pomaže u poboljšanju performansi motora, učinkovitosti goriva i pouzdanosti.



**Slika 28. Filter goriva**



E8) Rasklopiti klipnjaču. Servisiranje klipnjače (Slika 29.) na vanbrodskom motoru ključno je za održavanje performansi motora i sprječavanje ozbiljnih oštećenja motora. Klipnjača je kritična komponenta koja povezuje klip s radilicom i prenosi snagu s klipa na radilicu. Servisiranje klipnjače uključuje pregled ležajeva klipnjače na istrošenost, oštećenje ili prekomjernu zračnost te zamjenu ležajeva ako je potrebno. To pomaže osigurati da klipnjača radi unutar specifikacija proizvođača i da motor radi pouzdano.



**Slika 29. Klip (klipnjača nije vidljiva)**



E9) Rasklopiti *petu* motora. Peta motora sadrži komponente, kao što su zupčanci, ležajevi i brtve, važne za prijenos snage s motora na propeler. S vremenom se ove komponente mogu istrošiti, oštetiti ili onečistiti, što može dovesti do loših performansi motora, smanjene učinkovitosti goriva, pa čak i kvara motora. Servisiranje pete motora uključuje pregled, čišćenje i zamjenu njenih komponenti prema potrebi, kao i provjeru razine te zamjenu ulja što je prikazano na slici 31. Zamjena ulja se vrši na način da se otpuste donji i gornji vijak na peti motora kako bi staro ulje iscurilo dok se novo ulje tubom dodaje dok ne dosegne razinu gornjeg vijka. Zadnji korak je provjera stanja propelera te, ukoliko je potrebna, slijedi njegova zamjena.



Slika 30. Zamjena ulja u peti motora

## 5.4. Plan demontaže motora

Plan demontaže je osnovni dokument koji sadrži jednoznačan opis procesa demontaže i sve potrebne informacije za njegovo izvođenje i kontrolu.

Izrađuje se za svaki sklop i završnu demontažu proizvoda.

Funkcija mu je tehničko i organizacijsko definiranje procesa demontaže.

Tehnička funkcija se odnosi na izvođenje procesa i sadrži informacije o: potrebnim ugradbenim elementima, elementima rada u najpovoljnijem redoslijedu i opremi radnih mjesta (alat, naprave, strojevi i slično).

Organizacijska se funkcija odnosi na planiranje, ustroj, upravljanje i obračun troškova demontažnoga procesa, a izražava se informacijama o mjestu troška, norma vremenu, grupi plaćanja i veličini serije.

Obrazac plana demontaže treba oblikovati tako da sadrži informacije za obje funkcije. Zaglavlje obrasca plana demontaže sadrži podatke za identifikaciju sklopa (proizvoda), poduzeća i plana.

Kod analiziranog postupka rasklapanja odabranog motora, plan demontaže se sastoji od devet elemenata rada (Tablica 3.). Element rada je najmanji racionalni dio rada, koji se može nezavisno izvoditi, i kojim se definira takvo stanje djelomično montiranog sklopa da se može pomicati na drugo radno mjesto bez neželjenog rasklapanja. [20 i 21]

U tablici 3. su navedena vremena potrebna za izvođenje pojedinog koraka u rasklapanju. Vremena su dobivena iskustveno na temelju većeg broja izvršenih demontaži vanbrodskih motora.

Tablica 3. Plan demontaže vanbrodskog motora [19]

FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		PLAN DEMONTAŽE										List:1							
		Zamjena za:		Naziv:		Datum		Ime		Potpis			Mjesto troška:						
Zamijenjen sa:		Vanbrodski motor		Izradio		2023-02-23				Broj radnog mjesta:		Listova:1							
Vrijedi od-do:		Identitet:		Kontrolirao						Takt (minuta):		Traž (minuta):							
Oznaka radnog mjesta/stroja		Oznaka elementa rada		Opis elemenata rada		Ugradbeni elementi, materijal		Broj crteža/standard		Komada		Sredstva za montažu, kontrolu i ispitivanje		Vrijeme (minuta)		Norma vrijeme (minuta)		Kvalifikacija radnika	
	E1		Učvrstiti vanbrodski motor na stalak		UE1	1								3					
	E2		Odspojiti dovod goriva		UE28 UE29	1 1								0,5					
	E3		Odvojiti poklopac motora		UE2	1								0,5					
	E4		Rasklopiti pokretački sklop		UE3 UE4 UE5 UE6 UE7	1 1 3 1 1													
	E5		Odspojiti filter zraka		UE16 UE17	1 2									1				
	E6		Rasklopiti rasplinjač		UE8 UE9 UE10 UE11 UE12 UE13 UE14	1 4 1 1 1 1 1									4				
	E7		Odspojiti filter goriva		UE15	1										0,5			
	E8		Rasklopiti klipnjaču		UE18 UE19 UE20 UE21 UE22 UE23 UE24	1 1 1 4 6 1 1													
	E9		Rasklopiti petu motora		UE25 UE26 UE27	1 2 1													

## 5.5. Određivanje vremena demontaže sustavom MTM-2

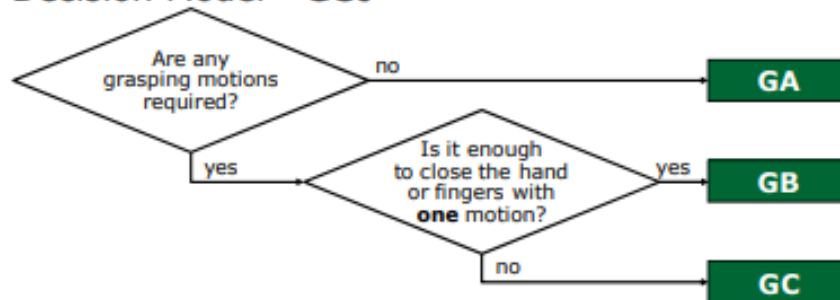
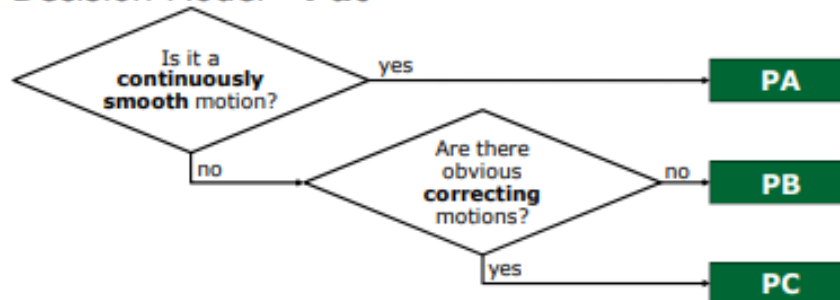
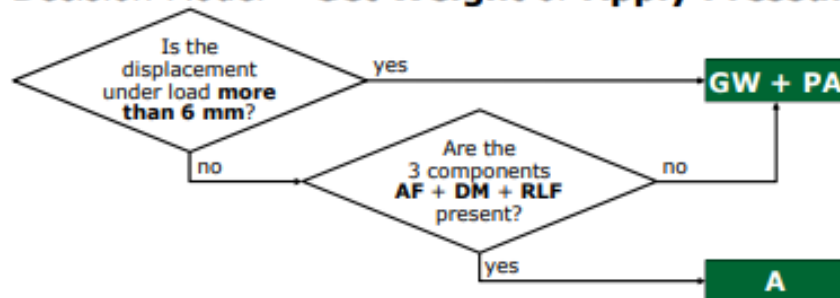
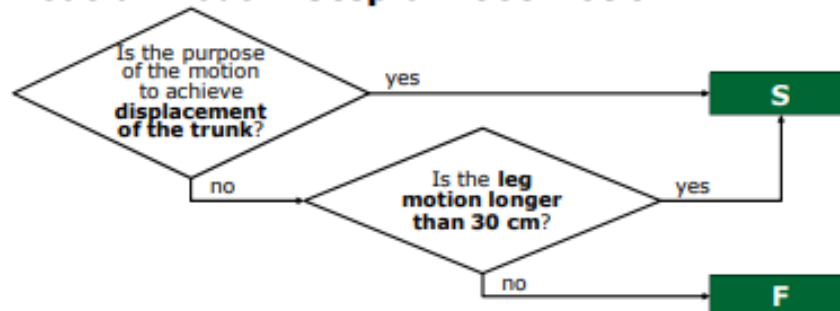
Proizvođači vanbrodskih motora za svaki element rada iz tablice 3. imaju definirano vrijeme potrebno za njegovo izvođenje te s njime upoznaju ovlaštene servisere. Za potrebe ovog rada te vrijednosti nisu bile dostupne. Stoga će se u razmotriti mogućnost određivanja vremena demontaže sustavom unaprijed određenih vremena MTM-2 i to samo na primjeru jednog elementa rada (E4 – Rasklapanje pokretačkog sklopa).

Sustav MTM-2 se temelji na raščlani elemenata rada u osnovne pokrete, kojima se dodjeljuju unaprijed određena standardna vremena, određena prirodom pokreta i uvjetima izvođenja. Određivanjem osnovnih pokreta i dodjeljivanjem odgovarajućih vremena, određuje se vrijeme potrebno za izvođenje elemenata rada. [21]

Sustav MTM-2 se sastoji od devet kategorija gibanja i dva elementa dodatka za težinu predmeta:

1. Uzimanje
2. Dodatak za težinu kod uzimanja
3. Postavljanje
4. Dodatak za težinu kod postavljanja
5. Ponovno hvatanje
6. Pritiskivanje
7. Okretanje ručice
8. Pokret očiju
9. Pokret stopala
10. Korak
11. Saginjanje i uspravljanje.

Slika 31. prikazuje kategorije pokreta s modelima odlučivanja. Slika 32. predstavlja model dodjele vremenskih jedinica određenoj radnji, tj. pokretu.

Decision Model - **Get**Decision Model - **Put**Decision Model - **Get Weight** or **Apply Pressure**Decision Model - **Step** or **Foot Motion**

Slika 31. Sustav MTM-2: kategorije pokreta s modelima odlučivanja [22]

Motion Length in cm	0 - ≤5	>5 - ≤15	>15 - ≤30	>30 - ≤45	>45
Distance Class	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>80</b>








  

Get						
Case of Get	Code	Distance Class				
		5	15	30	45	80
<b>TMU</b>						
No grasping motion	<b>GA</b>	3	6	9	13	17
One grasping motion	<b>GB</b>	7	10	14	18	23
More than one grasping motion	<b>GC</b>	14	19	23	27	32
Weight / Force	<b>GW</b>	1 TMU per 1 kg/daN for weights/forces ≥ 2 kg/daN per hand				

Put						
Case of Place	Code	Distance Class				
		5	15	30	45	80
<b>TMU</b>						
No correction	<b>PA</b>	3	6	11	15	20
One correction	<b>PB</b>	10	15	19	24	30
More than one correction	<b>PC</b>	21	26	30	36	41
Weight / Force	<b>PW</b>	1 TMU per 5 kg/daN for weights/forces ≥ 2 kg/daN per hand				

Complementary Motion Sequences				Code	TMU
Apply Pressure		<b>A</b>		14	
Regrasp		<b>R</b>		6	
Crank		<b>C</b>		15	
Eye Action		<b>E</b>		7	
Foot Motion		<b>F</b>		9	
Step		<b>S</b>		18	
Bend and Arise		<b>B</b>		61	


Simultaneous Motion Sequences						
Case	GA	GB	GC	PA	PB	PC
<b>PC</b>	Yellow	Red	Red	Yellow	Red	Red
<b>PB</b>	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow
<b>PA</b>	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
<b>GC</b>	Green	Green	Red	Green	Green	Green
<b>GB</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green
<b>GA</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green
2 PB can be performed simultaneously, with practice, in the area of normal vision, as long as the "POSITIONS" are symmetrical.						
Green = easy		Yellow = with practice		Red = difficult		
easy to perform simultaneously		can be performed simultaneously with practice		difficult to perform simultaneously even after long practice; allow both times		

Slika 32. Sustav MTM-2: model dodjele vremenskih jedinica [22]

Tablica 4. prikazuje analizu odnosno određivanje vremenskog trajanja elementa rada E4 (Rasklapanje pokretačkog sklopa) sustavom unaprijed određenih vremenskih elemenata MTM-2.

Za računanje standardnog vremena rada (norme) uvrštavat će se faktor dodatnog vremena od 50 % zbog zahtjevnijih uvjeta rada u servisnoj radionici.

Tablica 4. Analiza elementa E4 rada sustavom MTM-2

 <b>FSB</b> Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb		<b>MTM-2</b> <b>LIST ZA ANALIZU RADA</b>				Oznaka: E4	
Naziv	Rasklapanje pokretačkog sklopa						
Početak	Korak u stranu.						
Sadržaj	Rastavljanje pokretačkog sklopa.						
Završetak	Dijelovi pokretačkog sklopa odloženi na radni stol.						
Ograničenje	Vrijedi za jedan vanbrodski motor.						
Opis rada lijeve ruke	<i>f</i>	Simbol	TMU	Simbol	<i>f</i>	Opis rada desne ruke	
			36	2S		Korak u stranu prema radnom stolu	
			18	6B45		Uzeti vijčalo	
			36	2S		Korak u stranu prema motoru	
			108	3PC45		Postaviti vijčalo na glavu vijka	
			42	3A		Primjeniti silu	
Pridržati vijčalo		PB45	54	3GB15		Obuhvatiti vijčalo	
			45	3PA45		Uvrtati	
Uzeti vijak		3GB5	21				
Odložiti vijak u kutiju		3PB30	57				
			36	2S		Korak u stranu prema radnom stolu	
			24	PB45		Odložiti vijčalo	
			36	2S		Korak u stranu prema motoru	
			27	6C45		Prihvatiti poklopac pokretačkog sklopa	
			1	6W		Težina poklopca	
			36	2S		Korak u stranu prema radnom stolu	
			24	PB45		Odložiti poklopac pokretačkog sklopa na radni stol	
			1	PW		Težina poklopca	
			18	6B45		Uzeti kliješta	
			36	2S		Korak u stranu prema motoru	
			15	PA45		Pozicionirati kliješta na oprugu	
			14	A		Primjeniti silu	
			15	C		Odmotati uže za pokretanje	
			36	2S		Korak u stranu prema radnom stolu	
			24	PB45		Odložiti uže i oprugu na radni stol	
760							
Napomena:							
$760 \times 1,5 = 1140$ TMU							
Standardno vrijeme:							
$27 \times 1,5 = 41$ s = 0,7 min							
Izradio:	Datum:	Odobrio:	Datum:	List:	Listova:		
Luka Žarković	2023-02-22			1	1		

Pri analizi vremena demontaže pokretačkog sklopa vanbrodskog motora pretpostavlja se da su alati i sva dodatna oprema dostupni i pripremljeni za demontažu.

Vrijeme ustanovljeno za E4 sustavom MTM-2, s obzirom na prijašnja iskustva, smatra se se realnim.

Tablica 5., uz vrijeme potrebno za rasklapanje pokretačkog sklopa dobiveno analizom vremena sustavom MTM-2, sadrži i iskustvene vremenske podatke za ostale elemente rada rasklapanja vanbrodskog motora (prikazane u tablici 3.).

Zbrojem trajanja svih elemenata rada dobiva se ukupno vrijeme demontaže, koje iznosi 17,2 minute.

**Tablica 5. Vremena izvođenja elemenata rada**

<b>Element rada</b>	<b>Vrijeme elementa rada [minuta]</b>
<b>E1</b>	<b>3</b>
<b>E2</b>	<b>0,5</b>
<b>E3</b>	<b>0,5</b>
<b>E4</b>	<b>0,7</b>
<b>E5</b>	<b>1</b>
<b>E6</b>	<b>4</b>
<b>E7</b>	<b>0,5</b>
<b>E8</b>	<b>4</b>
<b>E9</b>	<b>3</b>
<b>Ukupno:</b>	<b>17,2</b>



## 5.6. Potreban broj radnih mjesta

Potreban vremenski kapacitet,  $C$ , nastaje na osnovi demontažnog zadatka i jednak je ukupnom potrebnom vremenu za izvođenje svih elemenata rada demontaže (Tablica 5.) te se računa izrazom:

$$C = 17,2 \text{ min/dan} . \quad (1)$$

Potreban broj radnih mjesta za izvođenje demontaže vanbrodskog motora proračunava se količnikom potrebnog kapaciteta  $C$  i vremenskog kapaciteta jednog radnog mjesta  $c$ . Za potrebe ovog zadatka kapacitet jednog radnog mjesta iznosi dva sata, odnosno 120 minuta, pa je broj radnih mjesta,  $m$ :

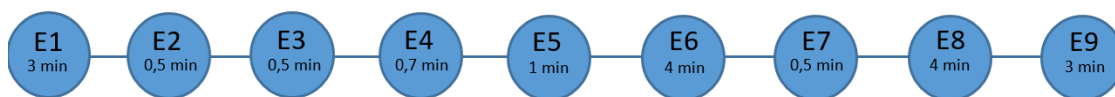
$$m = \frac{C}{c} = \frac{17,2}{120} = 0,14 . \quad (2)$$

S obzirom da se vrijednost izračunatog potrebnog broja radnih mjesta  $m$  zaokružuje na prvi veći cijeli broj, za demontažu odabranog vanbrodskog motora bit će dovoljno jedno radno mjesto.

## 5.7. Graf prethodnosti demontaže

Nakon određivanja elemenata rada i potrebnog broja radnih mjesta izrađuje se graf prethodnosti demontaže koji predočava tehnološki i vremenski tijek izvođenja elemenata rada. Pri izradi grafa prethodnosti pažnja se posvećuje da što veći broj elemenata rada krene vremenski što prije, te da se ako je moguće, što više elemenata rada izvršava paralelno. Paralelnost elemenata rada ubrzava proces demontaže, a samim time moguće je ostvariti veće proizvodne količine u zadanom vremenskom razdoblju. [21]

U grafu prethodnosti (Slika 33.) prikazana je najrealnija opcija demontaže koja zahtijeva jednog radnika s obzirom da se s većim brojem radnika, tj. sevisera, ne bi uštedilo mnogo vremena, a troškovi radne snage bi porasli. Također, preporuka je da vlasnik sam obavlja demontažu.



Slika 33. Graf prethodnosti

## 6. ZAKLJUČAK

U radu je istražena tema rasklapanja vanbrodskih motora u svrhu održavanja ili popravka.

Vanbrodski motori u upotrebi su od ranih godina 20. stoljeća i doživjeli su značajne promjene tijekom godina. Popularan su izbor za plovila zbog svoje prenosivosti i jednostavnog održavanja. Obično se koriste na raznim plovilima, kao što su ribarska, plovila za rekreaciju, hitne intervencije i plovila za gospodarstvene svrhe. U Hrvatskoj se turizam na moru temelji na izletima brodom, a vanbrodski motor je bitna komponenta ove djelatnosti.

Međutim, kada se vanbrodski motor pokvari, to može dovesti do značajnih problema. Nerijetko se dugo čeka na dolazak mehaničara, što može uzrokovati neugodu korisniku i gubitak dobiti. Stoga je ključno da svaki vlasnik vanbrodskog motora ima osnovno znanje o tome kako izvršiti popravke i održavanje. Razumijevajući osnovnu mehaniku motora, vlasnik može uštedjeti vrijeme i novac sam popravljajući motor.

U radu su detaljno prikazani koraci u rasklapanju vanbrodskog motora u svrhu održavanja. Analiza rasklapanja uključuje strukturnu analizu motora i plan demontaže, s razmatranjem vremena potrebnog za svaku radnju demontaže. Koraci demontaže nastojali su se predstaviti na način koji bi bio koristan vlasniku motora. Učeći tako osnove održavanja, vlasnici vanbrodskih motora mogu držati svoje motore u dobrom radnom stanju i izbjeći skupe popravke. Ovo im znanje također omogućuje obavljanje rutinskih zadataka održavanja, kao što su promjene ulja, svjećica i filtera, time produžujući vijek trajanja motora.

Rasklapanje vanbrodskog motora je složen proces koji zahtijeva znanje, strpljenje i vještinu. Kao što je predstavljeno u radu, osnovno održavanje mogu obaviti sami vlasnici

kako bi izbjegli angažman i čekanje mehaničara i gubitak dobiti kao i dodatne troškove. Razumijevajući rad svog vanbrodskog motora, vlasnici mogu osigurati njegovo pravilno održavanje i dugovječnost.

Za poticanje vlasnika plovila da servisiraju i popravljaju vlastite vanbrodske motore, može se koristiti niz pristupa. Mogu se izraditi *online* vodiči i videozapisi i učiniti dostupnima na web-mjestima proizvođača i kanalima društvenih mreža. Također, proizvođači bi, uza svaki prodani motor, mogli osigurati setove alata koji uključuju sve potrebne alate za osnovno održavanje i popravke. Poticaji kao što su popusti na dijelove ili produljena jamstva također se mogu ponuditi za motore koje servisira vlasnik. Konačno, proizvođači motora ili nautičarske udruge mogu organizirati radionice i treninge koje pružaju praktično iskustvo u servisiranju motora. Ove bi metode potaknule vlasnike da preuzmu aktivnu ulogu u održavanju svojih motora, što bi dovelo do smanjenih troškova i povećanog zadovoljstva kupaca i korisnika.

## 7. LITERATURA

- [1] Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Marine\\_steam\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_steam_engine); Pristupljeno: 2022-12-15
- [2] Solentrib charter, <https://www.solentribcharter.co.uk/blog/origins-of-the-outboard-motor/>; Pristupljeno: 2022-12-15
- [3] Hunts marine, <https://www.huntsmarine.com.au/pages/the-history-of-the-outboard-motor/>; Pristupljeno: 2022-12-16
- [4] Small outboards, <https://www.smalloutboards.com/m4561xaug11.htm>; Pristupljeno: 2022-12-17
- [5] Trade only today, <https://www.tradeonlytoday.com/industry-news/oxe-diesel-outboards-to-be-built-in-u-s>; Pristupljeno: 2022-12-17
- [6] Yamaha outboards, <https://yamahaoutboards.com/en-us/home/outboards/115-50-hp/70-50>; Pristupljeno: 2022-12-17
- [7] Boat U.S., <https://www.boatus.com/expert-advice/expert-advice-archive/2014/june/staying-in-trim>; Pristupljeno: 2022-12-17
- [8] Science direct, <https://bit.ly/3xu8SEg>; Pristupljeno: 2022-12-19
- [9] Burza, <https://burza.com.hr/oglasi/istranka-pasara-poludeplasmanac/189712>; Pristupljeno: 2022-12-19
- [10] Njuskalo, <https://www.njuskalo.hr/motorni-brodovi/ribarska-barka-povlasticom-gospodarski-ribolov-oglas-15613488>; Pristupljeno: 2022-12-19
- [11] Survitec group, <https://bit.ly/3IJFAPr>; Pristupljeno: 2022-12-19

- [12] Zavod za statistiku,  
[https://mint.gov.hr/UserDocsImages/2022\\_dokumenti/Turizam%20u%20brojka%202021.pdf](https://mint.gov.hr/UserDocsImages/2022_dokumenti/Turizam%20u%20brojka%202021.pdf); Pristupljeno: 2023-01-10
- [13] Youtube,  
[https://www.youtube.com/watch?v=jM9Tt\\_DZ3nc&ab\\_channel=AlexGoesSailing](https://www.youtube.com/watch?v=jM9Tt_DZ3nc&ab_channel=AlexGoesSailing); Pristupljeno: 2023-01-13
- [14] Valvoline, <https://www.valvoline.com/en-au/4-stroke-outboard-oil/>;  
Pristupljeno: 2023-01-13
- [15] Njuskalo, <https://www.njuskalo.hr/brodski-dijelovi/kompletan-filter-goriva-yamaha-15-90-hp-150-kn-oglas-36879335>; Pristupljeno: 2023-01-15
- [16] Cruising world, <https://www.cruisingworld.com/story/how-to/how-to-service-outboard-engine/>; Pristupljeno: 2023-01-17
- [17] Youtube,  
[https://www.youtube.com/watch?v=QCN8VFfdv2g&ab\\_channel=MortonsontheMove](https://www.youtube.com/watch?v=QCN8VFfdv2g&ab_channel=MortonsontheMove); Pristupljeno: 2023-01-19
- [18] Filip Strsoglavac: Diplomski rad, FSB, Zagreb, 2011.
- [19] Titan, <http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava.html>; Pristupljeno: 2023-02-15
- [20] Titan,  
[http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/VI\\_PT\\_M/VI%20Proizvodne%20tehnologije%20Montaza3.pdf](http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/VI_PT_M/VI%20Proizvodne%20tehnologije%20Montaza3.pdf); Pristupljeno: 2023-02-15
- [21] Danijel Gotovac: Završni rad, FSB, Zagreb, 2014.
- [22] MTM-2 sustav, [https://mtm.org/fileadmin/mtm\\_upload/Download/MTM-2\\_data\\_card\\_EN.pdf](https://mtm.org/fileadmin/mtm_upload/Download/MTM-2_data_card_EN.pdf); Pristupljeno: 2023-02-21