

## **Povandeninio roboto taikymas vandens transporto ir infrastruktūros povandeninės dalies techninės apžiūros duomenų bazės sukūrimui**

**Justas Žaglinskis**

*Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla, direktoriaus pavaduotojas mokslui ir inovacijoms, docentas, technologijos mokslų daktaras*

*Lithuanian Maritime Academy, Lithuania; Deputy Director for research and innovation, Associate Professor, PhD of Technology Sciences*

[j.zaglinskis@lajm.lt](mailto:j.zaglinskis@lajm.lt)

**Evelina Noreikaitė**

*Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla, Laivybos ir logistikos informacijos sistemų studijų programos studentė*

*Lithuanian Maritime Academy, Lithuania; Student of the study program Shipping and Logistics Information Systems*

[e.noreikaite@lajm.lt](mailto:e.noreikaite@lajm.lt)

### **Anotacija**

Šiame straipsnyje nagrinėjamas povandeninio roboto CHASING M2 PRO MAX taikymas vandens transporto priemonių ir jų infrastruktūros, ypač povandeninės dalies, techninės apžiūros duomenų bazių sukūrimui. Straipsnyje apibrėžiamos ir analizuojamos konkrečios povandeninio roboto taikymo sritys, išsamiai aprašant jo valdymo sistemų charakteristikas, kurios yra būtinos efektyviai ir tiksliai rinkti duomenis apie vandens transporto priemones ir povandeninę uosto infrastruktūrą. Ypatingas dėmesys skiriamas vandens transporto priemonių ir uosto infrastruktūros techninės apžiūros proceso operacijoms bei jų atlikimo techninėms sąlygoms. Išanalizuota, kaip šis robotas gali pagerinti duomenų rinkimo procesą ir apžiūros veiksmingumą. Galiausiai, modeliuojamas povandeninės apžiūros procesas, demonstruojant, kaip CHASING M2 PRO MAX gali būti integruotas į esamas procedūras, siekiant optimizuoti duomenų surinkimą ir analizę. Šis tyrimas atveria naujas galimybes vandens transporto saugumo ir infrastruktūros priežiūros srityje, teikdamas vertingų įžvalgų apie povandeninio roboto technologijų taikymą.

**Reikšminiai žodžiai:** CHASING M2 PRO MAX, ROV, laivų ir uostų infrastruktūros techninė apžiūra, IMO, SQL.

## **The Application of an Underwater Robot for the Creation of a Database for the Technical Inspection of the Underwater Components of Water Transport and Infrastructure**

### **Summary**

This paper examines the application of the CHASING M2 PRO MAX underwater robot for the creation of databases for the technical inspection of the underwater components of water transport vehicles and their infrastructure. The paper defines and analyzes specific areas of application for the underwater robot, detailing the characteristics of its control systems that are essential for efficiently and accurately collecting data on water transport vehicles and underwater port infrastructure. Special attention is given to the operations of the technical inspection process of watercraft and port infrastructure. The study analyzes how this robot can improve the data collection process and inspection efficiency. Finally, the underwater inspection process is modeled, demonstrating how the CHASING M2 PRO MAX can be integrated into existing procedures to optimize data collection and analysis. This research opens new possibilities in the field of water transport safety and infrastructure maintenance, providing valuable insights into the application of underwater robot technologies.

**Keywords:** CHASING M2 PRO MAX, ROV, technical inspection of ships and port infrastructure, remotely operated underwater drone, technical inspection, hull inspection, IMO, SQL.

## **Įvadas**

*Temos aktualumas.* Povandeninės techninės apžiūros, atliekamos naudojant nuotoliniu būdu valdomą povandeninį robotą (ROV), yra labai svarbios jūrų ir pakrančių infrastruktūros projektavimui, statybai, priežiūrai ir remontui. Šios apžiūros apima vaizdo įrašymą, skaitmenines fotografijas, techninių duomenų rinkimą ir povandeninį topografinį tyrimą, teikdamos pagrindą konsultacijoms, studijoms, projektams bei techniniams vertinimams ir įvertinimams [1]. Šiuo metu nuotoliniu būdu valdomi povandeniniai robotai (ROV) įgauna esminę reikšmę įvairiose srityse: karinėse operacijose, tokiose kaip torpedų ir minų šalinimas, bei gelbėjimo veikloje. Be to, šios technologijos yra neatsiejamos nuo naftos ir dujų sektoriaus tyrinėjimų ir eksploatavimo, pabrėžiant jų kritinį vaidmenį šiose operacijose [2]. Povandeninė laivų ir uosto infrastruktūros apžiūra yra svarbus etapas, siekiant užtikrinti saugią ir tausojančią eksploataciją. Laivų povandeninės dalies techninės apžiūros periodiškumas ir metodai yra reglamentuoti IMO SOLAS konvencijoje, kurios laikymasis yra privalomas tiek kroviniams, tiek ir keleiviniams laivams. Nuotoliniu būdu valdomų transporto priemonių naudojimas, atliekant laivų ir uosto infrastruktūros (LUI) techninę apžiūrą, mažina laiko kaštus bei kylantį pavojų po vandeniu dirbantiems narams. Techninės apžiūros rezultatų valdymas naudojant duomenų bazines suteikia galimybę efektyviai ir greitai pasiekti apžiūros rezultatus, kaupiant ir valdant svarbią informaciją. Nuotoliniu būdu valdomo povandeninio roboto (ROV) naudojimas yra vienas iš perspektyviausių būdų įveikti šias problemas. Šios techninės apžiūros priemonės gali būti aprūpintos įvairiomis sensorinėmis sistemomis ir kameromis, suteikiančiomis išsamų vaizdą ir duomenis.

*Tyrimo problematika.* Vandens transporto priemonių povandeninės dalies apžiūros tikslas – iširti laivus ir patvirtinti, kad jie laikosi nustatytų taisyklių ir saugos reikalavimų. Techninės apžiūros pagal pobūdį yra skirstomos į planines ir neplanines. Atlikdami planinę techninę apžiūrą, galime stebėti LUI povandeninės dalies techninę būklę, laiku nustatyti bei pašalinti pažeidimus, ir kartu palaikyti tinkamą techninę būklę. Neplaninė techninė apžiūra yra būtina įvertinti avarijos, stichinių reiškinių ar kitų panašių įvykių poveikį. Šis darbas iš dalies apima analizę, susijusią su techninės apžiūros duomenų bazės sukūrimu. Šiame darbe vertinama galimybė panaudoti nuotoliniu būdu valdomą robotą kartu su sukurta duomenų baze LUI povandeninės dalies vertinimui bei surinktos informacijos kaupimui.

*Tyrimo objektas:* Nuotoliniu būdu valdomas povandeninis robotas, jo programinė įranga ir duomenų bazės sukūrimas.

*Tikslas:* Sukurti vandens transporto ir uostų infrastruktūros povandeninės dalies techninės apžiūros, panaudojant povandeninį robotą, duomenų bazę, apimančią duomenų bazės architektūros (principinės schemas) sukūrimą bei duomenų organizavimą ir struktūravimą.

*Uždaviniai:*

1. Išanalizuoti vandens transporto priemonių ir infrastruktūros povandeninės dalies techninės apžiūros būdus;
2. Aprašyti povandeninio roboto CHASING M2 PRO MAX taikymo sritis;
3. Sudaryti vandens transporto ir infrastruktūros povandeninės dalies techninės apžiūros schemą;
4. Sukurti duomenų bazės architektūrą vandens transporto priemonių ir uostų infrastruktūros povandeninės dalies techninei apžiūrai bei apžiūros procesą panaudojant nuotoliniu būdu valdomą povandeninį robotą.

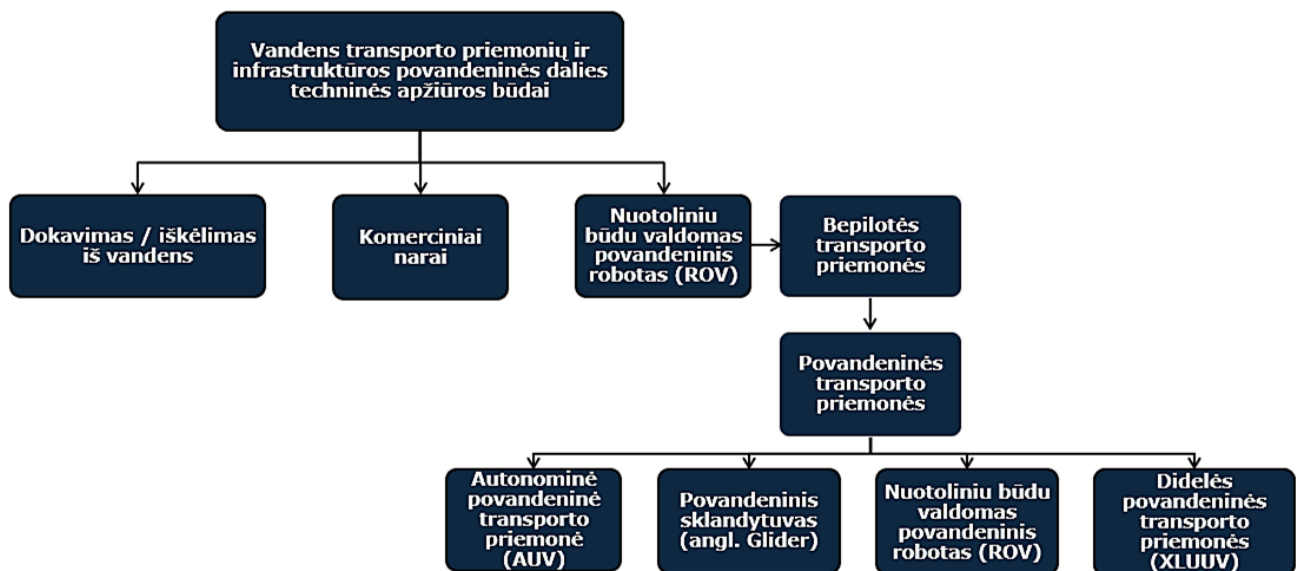
*Tyrimo metodai:* Povandeninio roboto CHASING M2 PRO MAX valdymo sistemos analizė, mokomųjų priemonių ir mokslinių šaltinių analizė, techninių žinytų analizė.

## **Vandens transporto priemonių ir uostų infrastruktūros vizualinės inspekcijos būdų ir priemonių analizė**

Vandens transporto ir uostų infrastruktūros povandeninės dalies vizualinė diagnostika yra labai svarbus procesas, skirtas užtikrinti šių objektų saugumą ir efektyvumą. Ši diagnostika apima išsamius patikrinimus, kurie atliekami nardymo metu arba naudojant specializuotą povandeninę įrangą. Jos tikslas – įvertinti laivo ar vandens inžinerinio įrenginio būklę, nustatyti galimus

pažeidimus, koroziją, įtrūkimus ar kitus defektus. Laivų korpuso užsiteršimas kelia didelę problemą, dėl kurios didėja degalų sąnaudos ir oro tarša [3]. Laivo korpuso apžiūra būtina, siekiant aptikti galimus konstrukcijų defektus ar pažeidimus, įgyvendinti atitinkamą priežiūrą bei panaudoti reikiamas taisomąsias priemones. Tokios apžiūros užtikrina laivo funkcionalumą ir saugumą ilgalaikio eksploatavimo metu, mažinant incidentų ar avarijų riziką atvirame vandenyje [4]. Komercinės laivybos sektoriaus efektyvumas ir saugumas priklauso nuo reguliaraus laivų korpusų tikrinimo. Korpuso patikrinimai yra būtini tam, kad laivo techninė būklė atitiktų visus galiojančius reglamentus, taisykles ir standartus. Šie patikrinimai užtikrina laivo eksploatavimo saugumą ir užkerta kelią jūrų ekosistemos žalai. Korpuso patikrinimai yra ne tik teisinė būtinybė, bet ir esminė saugos priemonė, leidžianti patikrinti, ar laivai išlieka puikios būklės ir saugiai eksploatuojami. Kad laivas išlaikytų pasiektą klasę, pagal taisykles yra atliekami šie patikrinimai: metiniai, tarpiniai, dokuose, specialūs ir kiti patikrinimai. Dažniausiai sudėtingiausi ir daug laiko bei lėšų reikalaujantys patikrinimai atliekami povandeninėse laivo dalyse, pavyzdžiui, tikrinama, ar nepažeistos sraigto mentės, ar prie korpuso nėra prisitvirtinę jūrinių organizmų, korpuso korozija, ar nepažeista nuo užsiteršimo apsauganti danga. Šios inspekcijos leidžia nustatyti struktūrines problemas, užkertant kelią dideliems gedimams ir galimoms avarijoms, kurie gali sukelti finansinius nuostolius ir pakenkti aplinkai. Tinkama korpuso būklės priežiūra ir inspekcijos sumažina avarių riziką uostuose ir prisideda prie invazinių rūšių plitimo kontrolės, užkertant kelią jų prilipimui prie laivo korpuso ir plitimui tarp skirtingų vandens telkinių. Invazinės rūšys apima įvairius nepageidaujamus vandenynų organizmus, tokius kaip dumblių, mikroorganizmų ir augalų, kurie greitai prilimpa prie laivų povandeninių paviršių po pirmojo sąlyčio su vandeniu. Ilgalaikis užsiteršimas padidina laivo sausojo doko operacijų dažnumą. Siekiant efektyviai išvalyti korpusą, reikalinga papildoma apsauga nuo užsiteršimo užtikrinančią apsaugos dangą. Naudojant pažangias technologijas korpuso tikrinimui, galima tiksliai įvertinti laivo būklę, užtikrinant aukščiausią navigacijos saugumą.

Atliekant techninę priežiūrą ir įvertinant pažeidimus po vandeniu esančiose struktūrose, pavyzdžiui, laivų korpusuose, povandeninė inspekcija yra nepaprastai svarbus procesas. Dažniausiai vandens transporto ir infrastruktūros apžiūrą atlieka apmokyti nardymo specialistai, prižiūrimi profesionalių inžinierių [5]. Vandens transporto priemonių ir infrastruktūros povandeninės dalies techninės apžiūros būdai yra pateikti 1 paveiksle.



**1 pav.** Vandens transporto priemonių ir infrastruktūros povandeninės dalies techninės apžiūros schema

Šioje schemoje (žr. 1 pav.) vaizduojami vandens transporto priemonių ir infrastruktūros povandeninės dalies techninės apžiūros būdai. Schema suskirstyta į tris dalis:

- Dokavimas / iškėlimas iš vandens – tai procesas, kai laivas yra perkeltas į specialų sausą doką, kur galima atlikti jo apžiūrą ir priežiūrą.

- Komerciniai narai – nusileidžia po vandeniu ir atlieka reikiamas apžiūras ar remonto darbus.
- ROV – tai nuotoliniu būdu valdomas povandeninis robotas, leidžianti atlikti apžiūrą ar darbus po vandeniu naudojant nuotoliniu būdu valdomus robotus, kurie gali nerti į didelius gylius ir atlikti įvairias funkcijas be tiesioginio žmogaus dalyvavimo.

Nuotoliniu būdu valdomas povandeninis robotas (ROV) yra priskirtas prie bepiločių transporto priemonių. Povandeninės transporto priemonės skirstomos į keturias kategorijas [6]:

- Autonominės povandeninės transporto priemonės (*angl. Autonomous underwater vehicles*);
- Povandeniniai sklandytuvai (*angl. Glider*);
- Nuotoliniu būdu valdomi povandeniniai robotai (*angl. Remotely operated vehicles*);
- Didelės povandeninės transporto priemonės (*angl. Extra-large uncrewed underwater vehicles*).

Autonominės povandeninės transporto priemonės (AUV) tampa vis svarbesnės tyrinėjant ir išnaudojant jūrų išteklius. AUV gali atlikti įvairias užduotis po vandeniu tiek civilinėse, tiek karinėse srityse stebint vandens taršą, vykdant dugno skenavimo darbus ir kt. [7]. Jie plačiai naudojami atliekant vandenynų dugno topografijos matavimus, vandens savybių analizę ir biologinius tyrimus, kurie yra būtini detaliai jūrų ekosistemų tyrimui. AUV taip pat yra būtini aplinkos stebėsenos operacijoms. Jie padeda sekti ir vertinti jūrų taršą, įskaitant naftos išsiliejimus ir cheminių medžiagų nutekėjimą. Karinėse srityse AUV prisideda prie minų aptikimo, jų neutralizavimo ir povandeninių žvalgybos misijų vykdymo. Be to, šie robotai yra nepaprastai svarbūs naftos ir dujų pramonėje, kur jie naudojami povandeninės infrastruktūros, tokios kaip vamzdynai ir kabeliai, inspekcijai ir priežiūrai. Dėl savo autonomiškumo ir efektyvumo AUV yra nepakeičiami sudėtingose ar rizikingose situacijose, kuriose žmogaus dalyvavimas būtų pernelyg pavojingas ar techniškai neįmanomas. AUV yra povandeninės transporto priemonės, kurios gali veikti nepriklausomai nuo žmogaus, esančio sausumoje, ant prielaukos ar laivo. Jie naudojami duomenų rinkimui ir stebėjimui. AUV naudoja panašius priedus, kaip ROV, nuo jutiklių iki sonarų ir kamerų. Visi šie priedai naudojami stebėjimui (arba tikrinimui) ir duomenų rinkimui. Prieš nuleidžiant AUV robotą, juos paprastai reikia suprogramuoti, kad galėtų atlikti savo misiją be žmogaus pagalbos. Nuotoliniu būdu valdomi povandeniniai robotai (ROV) tampa vis plačiau naudojami sudėtingomis povandeninėmis sąlygomis. Povandeninių laivų korpusų apžiūra yra viena iš esminių sričių, kuriose ROV įranga yra taikoma [8]. ROV naudojami požeminių struktūrų, tokių kaip naftos gręžiniai ir laivų nuolaužos, tikrinimui ir priežiūrai. Jie taip pat svarbūs vykdant paieškos ir gelbėjimo operacijas, atliekant mokslinius tyrimus bei tyrinėjimus, imant mėginius ir atliekant apklausas. Be to, ROV teikia pagalbą giluminės jūrų kasybos darbams bei palaiko povandeninius statybos ir įrengimo projektus.

Lyginant su autonomiais povandeniniais robotais (AUV), povandeniniai sklandytuvai turi ilgesnį veikimo laikotarpį [9]. Povandeniniai sklandytuvai (*angl. Glider*) ir AUV yra skirti skirtingoms užduotims. Povandeniniai sklandytuvai yra naudodami okeanografijos, biologijos, ekologijos tikslams ir gali veikti kelis mėnesius [10]. Jie taip pat skirti stebėti temperatūrą, druskingumą, sroves ir kitas vandenyno sąlygas [11]. Tuo tarpu AUV, turintys trumpesnį veikimo laikotarpį ir didesnes energijos atsargas, o didelės povandeninės transporto priemonės (XLUUV) yra priskiriamos prie didelių autonominių povandeninių robotų, kurie gali būti naudojami įvairiems tikslams, tokiems kaip jūrų tyrimams, karinėms operacijoms, aplinkos stebėjimui ir kitos ilgalaikės po vandeniu vykdomoms operacijoms.

Vandens transporto priemonių povandeninės dalies techninė apžiūra – tai laivų apžiūra, kurio metu išsamiai įvertinama jų būklė, įskaitant ne tik patį laivo korpusą ir jo mechanizmus, bet ir navigacinę bei saugos įrangą, radijo ryšio priemones, taip pat krovinio būklę. Šis procesas yra būtinas norint užtikrinti, kad laivas ir jo veikla atitiktų tarptautinius standartus bei reikalavimus, ypač atsižvelgiant į jūrininkų saugumą ir darbo bei gyvenimo laive sąlygas. Pagrindinis techninės apžiūros tikslas – užtikrinti aukštus saugumo standartus jūroje. Laivo techninę apžiūrą atlieka klasifikacinės bendrovės, kurios yra kompetentingos įvertinti laivo konstrukciją, techninius planus, mechanizmus ir kasdienines eksploatacines procedūras [12]. Tai reiškia, kad apžiūros metu įvertinama, ar laivas atitinka visus būtinus saugos, eksploatacijos ir aplinkosaugos reikalavimus. Kartu šis procesas leidžia vėliavos valstybei garantuoti, kad jos registruoti laivai yra saugūs tiek jūrininkams, tiek kroviniui,

ties ir pačiai jūrinei aplinkai. Techninė apžiūra, be kita ko, suteikia galimybę laiku nustatyti ir pašalinti galimas grėsmes, taip išvengiant nelaimių jūroje ir užtikrinant sklandų tarptautinio jūrų transporto veikimą.

Laivų apžiūros tipai (žr. 1 lentelę) yra svarbi jūrų saugumo ir aplinkos apsaugos sistemos dalis, kurie nustato standartus ir procedūras, skirtas užtikrinti laivų atitikimą jūriniam reikalavimams. Siekiant užtikrinti atitiktį tarptautiniams teisės aktams ir konvencijoms, 2000 m. vasario 3 d. Tarptautinė jūrų organizacija (IMO), priėmė „Apžiūros ir sertifikavimo suderintą sistemą“. Ši sistema nustato standartizuotą vienerių metų apžiūrų ciklą, įskaitant pradines, metines, tarpines, periodines ir, jei reikia, atnaujinamas apžiūras. Ji suteikia galimybę lanksčiai planuoti apžiūras, leidžiant užbaigti atnaujintą apžiūrą per tris mėnesius nuo sertifikato galiojimo pabaigos, nekeičiant sertifikato galiojimo trukmės. Keleivinių laivų saugos sertifikatai galioja iki 12 mėnesių, o krovininių laivų – iki penkerių metų. Taip pat yra apžiūra, leidžianti pratęsti sertifikato galiojimą iki trijų mėnesių, kad laivas galėtų užbaigti kelionę. Pratęsus sertifikatą, naujojo sertifikato galiojimas prasideda tą pačią dieną, kai baigiasi ankstesniojo sertifikato galiojimas. Dabartinėje laivų apžiūros sistemoje dalyvauja įvairios suinteresuotosios šalys, įskaitant privalomąją dalį, kurią reguliuoja tarptautinės konvencijos ir vėliavos bei uosto valstybės, ir neprivalomąją dalį, kurią vykdo pramonės organizacijos.

1 lentelė

**Pagrindiniai sausieji dokai, kurie naudojami laivo remontui ir korpuso valymui**

<b>Apžiūros tipai</b>	<b>Apibūdinimas</b>	<b>Paskirtis</b>
Pirminė apžiūra	Išsamus visų su konkrečiu sertifikatu susijusių elementų patikrinimas prieš pradėnant eksploatuoti laivą.	Užtikrinti, kad laivas atitinka visus atitinkamus reikalavimus ir yra tinkamas eksploatuoti.
Periodinė apžiūra	Su konkrečiu sertifikatu susijusių elementų patikrinimas, siekiant įsitikinti, kad jie yra patenkinamos būklės.	Patikrinti ir užtikrinti, kad laivas yra tinkamas paslaugai.
Atnaujinimo apžiūra	Tokia pati kaip periodinė apžiūra, tačiau taip pat išduodamas naujas sertifikatas.	Patikrinti laivo būklę ir atnaujinti sertifikatą.
Tarpinė apžiūra	Su konkrečiu sertifikatu susijusių nurodytų elementų patikrinimas tarp periodinių apžiūrų.	Užtikrinti, kad laivas išlieka tinkamas paslaugai tarp periodinių apžiūrų.
Kasmetinė apžiūra	Bendras su konkrečiu sertifikatu susijusių elementų patikrinimas, siekiant užtikrinti, kad jie buvo prižiūrėti.	Patikrinti, ar laivas išlieka tinkamas savo paskirties atlikimui per metus.
Laivo dugno išorės patikrinimas	Povandeninės laivo dalies ir susijusių daiktų apžiūra.	Įsitikinti, kad laivo dugnas ir povandeninė dalis yra patenkinamos būklės.
Papildoma apžiūra	Bendra arba dalinė apžiūra, atsižvelgiant į aplinkybes, atliekama po remonto ar, kai atliekami svarbūs atnaujinimo darbai.	Patikrinti, ar po remonto ar atnaujinimo laivas yra tinkamas paslaugai.

*Lentelėje pateikti laivų apžiūros tipai pagal IMO reikalavimus bei eiliškumo tvarka*

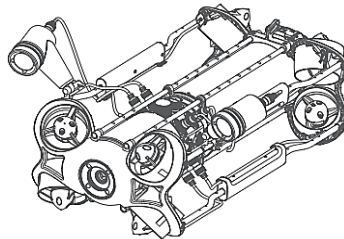
Iš 1 lentelės pateiktų duomenų matyti, jog išdėstyta visa eilė apžiūrų, kurių kiekviena atlieka savitą vaidmenį užtikrinant laivų saugumą ir tinkamumą eksploatuoti. Pirminė apžiūra atliekama prieš pradėnant eksploatuoti naują laivą arba įdiegiant naują įrenginį esamame laive. Ji apima išsamų konstrukcijos, mašinų ir įrangos patikrinimą, prireikus atliekant bandymus, siekiant užtikrinti, kad būtų laikomasi konkrečiam liudijimui keliamų reikalavimų ir kad konstrukcija, mašinos ir įranga būtų tinkamos naudoti pagal paskirtį. Periodinė apžiūra – tai periodiškasis laivo tikrinimas siekiant užtikrinti, kad jis būtų tinkamas plaukio ir atitiktų visas taisykles. Ji apima su konkrečiu liudijimu susijusių elementų patikrinimą, siekiant užtikrinti, kad jų būklė būtų patenkinama ir jie būtų tinkami naudoti pagal paskirtį. Šios apžiūros paprastai atliekamos trečiųjų šalių organizacijos laivo savininko ar operatoriaus vardu. Atnaujinimo apžiūros, būtinos prieš sertifikato pratęsimą, ir laivo apačios išorinės inspekcijos, vykdomos bent du kartus per penkerius metus, yra esminės siekiant išlaikyti laivų saugumą ir efektyvumą. Tarpinė apžiūra atliekama per pusmetį, kai galioja sertifikatas. Tarpinės apžiūros tikslas - užtikrinti, kad laivas vis dar atitiktų visus taikomus reglamentus ir būtų saugus toliau eksploatuoti. Per tarpinę apžiūrą inspektoriai nuodugniai patikrina keletą nurodytų elementų. Jie tikrina visas svarbiausias laivo sistemas ir sudedamąsias dalis, taip pat bendrą laivo būklę. Kasmetinė apžiūra – tai kartą per metus laive atliekama apžiūra. Šis patikrinimas atliekamas siekiant įsitikinti,

kad laivas atitinka visas būtinas saugos taisykles. Apžiūra apima daugybę dalykų – nuo korpuso būklės iki variklio veikimo. Tai apima bendrą su konkrečiu sertifikatu susijusių elementų patikrinimą, siekiant įsitikinti, kad jie buvo prižiūrėti ir yra tinkami paslaugai, kuriai skirtas laivas. Laivo dugno išorės patikrinimas pagal nurodymus atliekamas per penkerių metų laikotarpį. Turi būti patikrinta laivo apačios išorė bent du kartus, išskyrus atvejus, kai taikoma SOLAS 74/88, reglamentų I/14(e) ar (f) nuostatos.

## **Nuotoliniu būdu valdomo povandeninio roboto panaudojimo analizė**

Nuotoliniu būdu valdomi povandeniniai robotai yra svarbi technologija, palengvinanti įvairias povandenines operacijas. Jie efektyviai renka audiovizualinę medžiagą, registruoja aplinkos parametrus naudojamos įvairius sensorius, atlieka mėginių rinkimą, taip pat vykdo infrastruktūros stebėseną ir inspekciją, užtikrinant jos saugumą ir tvarumą [13].

Vienas iš ROV modelių yra CHASING M2 PRO MAX (žr. 2 pav.). yra pramoninis robotas, kuris sukurtas atsižvelgiant į verslo vartotojų poreikius, suteikiant išskirtinį lankstumą ir funkcionalumą po vandeniu. Šis įrenginys yra aprūpintas aštuoniais vektoriniais varikliais, kurie leidžia jam judėti 360°, suteikiant gerą manevringumą. Maksimalus įrenginio greitis siekia 3 mazgus, o jo panėrimo gylis iki 200 metrų, kartu užtikrinant galimybę veikti iki 400 metrų horizontaliame spindulyje nuo valdymo taško.

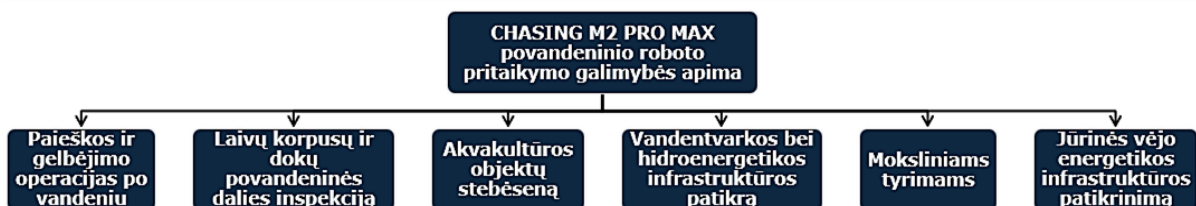


**2 pav.** CHASING M2 PRO MAX povandeninis roboto modelis

Šaltinis: <https://web.file.chasing.com/ltWgw4lZoQ7OvgSnLHiGc5Yeku2->

Be to, CHASING M2 PRO MAX pasižymi integruota prijungimo stotele, kuri supaprastina kelių priedų integravimą, suteikdama galimybę vienu metu palaikyti iki 5 priedų. Ši funkcija yra svarbi kompleksiniams povandeniniams tyrimams ir operacijoms, kur reikalingas daugialypis įrangos integravimas. Naudojant C-MOTOR 2.0 antrosios kartos variklį, pasiekiamas 30 % didesnė galios, užtikrinant geresnę apsaugą nuo užstrigimų ir pasiekiant didesnę veikimo efektyvumą. ROV galimybės yra išplėtos įtraukiant antros kartos pastovaus elektros tiekimo priedą (C-SPSS), kuris pritaikytas prie ROV akumuliatoriaus jungties ir užtikrina nepriklausomą 1500 W galios tiekimą, tokiu būdu neapribojant įrenginio darbo laiko ar pajėgumų. Robotas taip pat aprūpintas išoriniais 8000 lm prožektoriais, kurie apšviečia iki 150° platumos kampų. Ryškumo reguliavimas nuo 0 iki 100 % leidžia ROV prisitaikyti prie įvairių povandeninės aplinkos sąlygų, optimaliai apšviečiant darbo sritį.

Pagrindinės CHASING M2 PRO MAX nuotoliniu būdu valdomo povandeninio roboto pritaikymo galimybės apima paieškos ir gelbėjimo operacijas po vandeniu, laivų korpusų ir dokų povandeninės dalies inspekciją, akvakultūros objektų stebėseną, vandentvarkos bei hidroenergetikos infrastruktūros patikrą, mokslinius tyrimus, jūrinės energetikos infrastruktūros patikrą (žr. 3 pav.).



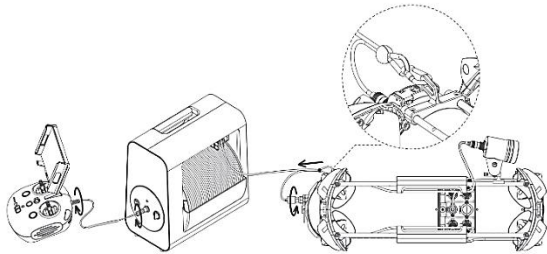
**3 pav.** CHASING M2 PRO MAX povandeninio roboto panaudojimo galimybės



Paieškos ir gelbėjimo operacijos reikalauja didelio manevringumo ir aukštos vaizdo raiškos, kad būtų galima efektyviai lokalizuoti ir identifikuoti objektus vandens telkiniuose. Laivų ir dokų inspekcijos priklauso nuo roboto gebėjimo saugiai manevruoti aplink inžinerines struktūras, o akvakultūros stebėseną reikalauja roboto, kuris gali nuolat stebėti ir įvertinti akvakultūros plėtros sąlygas. Vandentvarkos ir hidroenergetikos infrastruktūros inspekcijos yra ypač svarbios palaikant ir vertinant šių įrenginių veikimą bei tvarumą, o moksliniai tyrimai dažnai reikalauja specializuotos įrangos, kuri galėtų surinkti duomenis ar paimti mėginius iš sunkiai pasiekiamų ar ypač gilių vietų.

Galiausiai, jūrinių vėjo energetikos infrastruktūros inspekcija yra kritiškai svarbi jūrinės energetikos pramonės saugumui ir efektyvumui, kur CHASING M2 PRO MAX gali suteikti svarbios informacijos apie po vandeniu esančių komponentų būklę.

Siekiant vykdyti minėtas operacijas su ROV, būtina pasiruošti pagal žemiau išdėstytą tvarką ir principus (žr. 4 ir 5 pav.). Proceso pradžioje, nuotoliniu būdu valdomas pultas sujungiamas su elektrine rite (*angl. E-reel*) naudojant kabelį. Tada elektrinės ritės (*angl. E-reel*) kabelį sujungti su ROV, ir robotas bus paruoštas. 5 paveiksle yra pateikta reali nuotrauka CHASING M2 PRO MAX – povandeninis robotas paruoštas naudojimui. Kai konfigūracija yra užbaigta, kaip pavaizduota paveiksle 5, nuotoliniu būdu valdomas povandeninis robotas (*angl. ROV*) yra pasiruošęs veiklai ir leidžiamas į vandenį.



**4 pav.** CHASING M2 PRO MAX povandeninio roboto paruošimo naudojimui schema



**5 pav.** CHASING M2 PRO MAX povandeninis robotas paruoštas naudojimui

Šaltinis: <https://device.report/m/9f4afe15e5a9e7e7b4f179675bd4d9c17960088faf7367ba5d82fc46e1c3a609.pdf>

CHASING M2 PRO MAX yra multifunkcinis dėl greito priedų surinkimo ir išmontavimo technologijos, leidžiančios vartotojui be papildomų įrankių įrengti daugiau nei 20 skirtingų tipų priedų (žr. 6-10 pav.), tokių, kaip BP vaizdo sonaras, GEMINI vaizdo sonaras, atstumo sonaras, lazerinis matuoklis, pagalbinė kamera, vandens kokybės jutiklis USBL (*angl. Ultra-short Baseline*) sistemas ir vandens paėmimo talpa (*angl. Chasing Water Sampler*).



**6 pav.** CHASING M2 PRO MAX

povandeninio roboto atstumo (*angl. Distance Lock*) sonaras

Šaltinis: <https://web.file.chasing.com/FpSlg1i5ZmlGrxa1E3qSg0zUwPI5>



**7 pav.** CHASING M2 PRO MAX

povandeninio roboto lazerinis matuoklis (*angl. Laser scaler*)

Šaltinis: [https://web.file.chasing.com/Fj1n-p\\_XHbWMxkN9HK58-PkAZf0J](https://web.file.chasing.com/Fj1n-p_XHbWMxkN9HK58-PkAZf0J)



**8 pav.** CHASING M2 PRO MAX

povandeninio roboto papildoma kamera (*angl. Auxiliary camera*)

Šaltinis: <https://web.file.chasing.com/FkWD7As1xrv5GuXzZhXc8mSic4fr>



**9 pav.** CHASING M2 PRO MAX

povandeninio roboto vandens paėmimo talpa (*angl. Water sampler*)

Šaltinis: <https://web.file.chasing.com/Fil3IKNp502NJoqgCXD4Civ30SRW>



**10 pav.** CHASING M2 PRO MAX

povandeninio roboto ranka (*angl. Grabber arm 2*)

Šaltinis: <https://web.file.chasing.com/FqWf3YWcjNNW0H8MYTqpO2Uz4kaE>

Prijungiant šiuos priedus povandeniniai robotui, efektyviai išplečiamos jo panaudojimo galimybės, suteikiant mokslininkams, inžinieriams ir tyrinėtojams reikalingus įrankius sudėtingoms užduotims atlikti. CHASING M2 PRO MAX pagrindinių priedų sąrašas ir trumpas aprašas:

1. *CHASING atstumo* (*angl. Distance Lock*) sonaras (žr. 6 pav.): Šis atstumo matuoklis matuoja atstumą ultragarso jutiklio principu. Ultragarso tolumatis pasižymi dideliu jautrumu, greitu

veikimu, patogiu ir tikslu matavimu. Jis gali matuoti keturiomis kryptimis. Tai leidžia tiksliai nustatyti atstumą: priekyje, kairėje, dešinėje ir po povandeniniu robotu iki povandeninių objektų, taip išvengti susidūrimo su jais.

2. *CHASING lazerinis matuoklis (angl. Laser scaler)* (žr. 7 pav.): lazerinis matuoklis, naudojamas atstumams tarp objektų po vandeniu matuoti. Atstumas po vandeniu apskaičiuojamas naudojant porą raudonų lazerio spindulių, nutolusių 10 cm. Jis naudojamas akvakultūroje, užtvankų apžiūroje, techninėse programose ir kt. akvakultūroje, užtvankų tikrinime, laivų korpuso techninėje apžiūroje ir kt.
3. *CHASING papildoma kamera (angl. Auxiliary camera)* (žr. 8 pav.): papildoma kamera, suteikianti antrą vaizdą, padidina vaizdo fiksavimo galimybes operacijų metu. Ji leidžia ROV operatoriui gauti išsamų aplinkos vaizdą ir padidina vizualinės inspekcijos efektyvumą.
4. *CHASING vandens paėmimo talpa (angl. Water sampler)* (žr. 9 pav.): vandens paėmimo talpa, skirta mėginių rinkimui vandenyje. Ši įranga leidžia mokslininkams surinkti vandens mėginius tyrimams ir analizėms atlikti.
5. *CHASING ranka (angl. Grabber arm 2)* (žr. 10 pav.): Ši ranka yra ypač svarbi mokslinių tyrimų metu, kai reikalinga nukirpti tai kas trukdo robotui plaukti. Tai pat galima rankoje prijungti kastuvo antgalį, kuris suteikia papildomą funkcionalumą, leidžiantį robotui ne tik naviguoti po vandeniu, bet ir imti mėginius iš povandeninio reljefo.

Pritaikant šiuos priedus (žr. 6-10 pav.) ir paruošiant robotą pagal pateiktą schemą (žr. 4 ir 5 pav.) galima atlikti povandeninius tyrimus bei technines apžiūras. Norint suprasti, kaip laivo korpuso techninėje apžiūroje panaudojamas ROV, svarbu išnagrinėti procesą nuo pradžių iki pabaigos. Žemiau (žr. 11 pav.) pateikta schema, kaip vykdoma techninė apžiūra, naudojant nuotoliniu būdu valdomą povandeninį robotą.



**11 pav.** Vandens transporto ir infrastruktūros techninės apžiūros plano etapai naudojant CHASING M2 PRO MAX povandeninį robotą

Vandens transporto priemonių ir infrastruktūros techninės apžiūros plano etapų (žr. 11 pav.) aprašas:

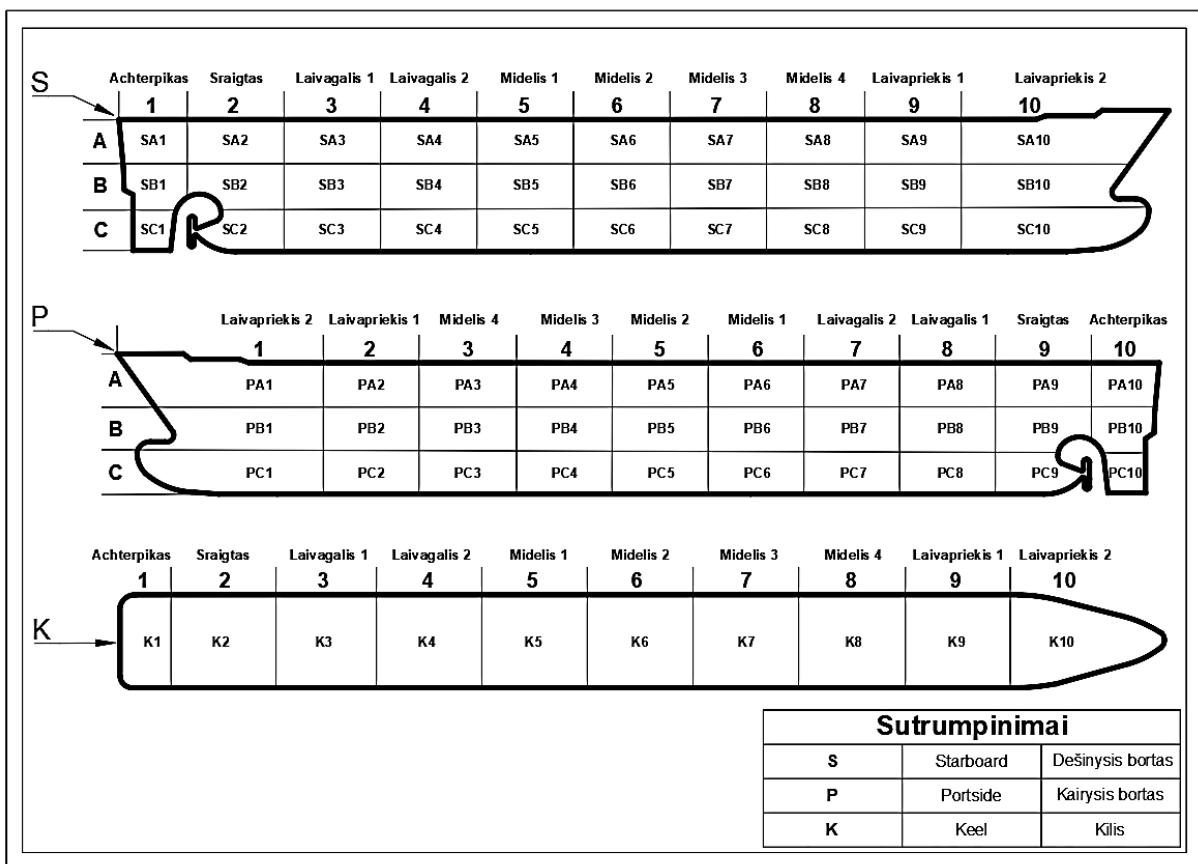
1. Tech. apžiūros planavimas ir ROV paruošimas:
  - ✓ Išsiaiškinti, kokios laivo korpuso zonos bus tikrinamos.
  - ✓ Paruošti robotą, elektrinę ritę (*angl. E-reel*) ir roboto valdymo pultą. Robotas ir susiję komponentai turi būti techniškai tvarkingi.
  - ✓ Prijungti priedus, kurie bus naudojami tech. apžiūros metu. Tai yra atstumo (*angl. distance lock*) sonaras, pagalbinė kamera (*angl. auxiliary camera*), lazerinis matuoklis.
  - ✓ Užtikrinti, kad roboto valdymo programa būtų atnaujinta ir funkcionali.
  - ✓ Pasirinkti duomenų bazių valdymo sistema, kurioje bus kaupiami tech. apžiūros metu gauti duomenys.
2. ROV paleidimas į vandenį (Tech. apžiūros pradžia):
  - ✓ Robotas yra nuleidžiamas į vandenį saugioje aplinkoje, šalia laivo, kurio korpusas bus tikrinamas.
  - ✓ Vykdomas roboto kalibravimas ir ryšio su valdymo programa patikrinimas.
3. Duomenų surinkimas:
  - ✓ Robotas yra valdomas nuotoliniu būdu, atidžiai tikrinant ir filmuojant laivo korpuso dalis pagal iš anksto nustatytą planą.
  - ✓ Įrašomi vaizdai ir kiti duomenys. Tokie, kaip gylis, vandens temperatūra, yra siunčiami į valdymo programą realiuoju laiku.
  - ✓ Jei yra aptinkamos bet kokios anomalijos ar pažeidimai, būtina juos fiksuoti detalizuotai.
4. Duomenų analizė:
  - ✓ Gautos medžiagos peržiūra ir analizė, naudojant robotą.
  - ✓ Aptiktų defektų ar nukrypimų nuo normos įvertinimas.



- ✓ Rekomendacijų parengimas būsimiems remonto ar priežiūros darbams.
5. Tech. apžiūros ataskaitos rengimas:
- ✓ Surinkti duomenys yra tvarkomi ir suvedami į ataskaitą.
  - ✓ Ataskaitoje pateikiamos išvados ir rekomendacijos, kurios remiasi vaizdine medžiaga, vandens temperatūra, gyliu ir kitais roboto surinktais duomenimis.
6. ROV ištraukimas iš vandens (Tech. apžiūros užbaigimas):
- ✓ Baigus tech. apžiūrą robotas yra saugiai ištraukiamas iš vandens.
  - ✓ ROV yra patikrinamas, nusausinamas, išdžiovinamas ir supakuojamas kitoms operacijoms.

### Vandens transporto ir infrastruktūros povandeninės dalies techninė apžiūros schemos analizė

Tam, kad atliktume laivų povandeninės dalies techninę apžiūrą, reikia sudaryti korpuso povandeninės dalies schemą arba žemėlapi. Ši schema buvo sudaryta panaudojant pramoninio standarto projektavimo įrankį – „AutoCAD“ programą, leidžiančią su dideliu tikslumu atvaizduoti techninius brėžinius ir schemas [14]. Ši programa leidžia aiškiai ir struktūriškai išdėstyti kiekvieną laivo korpuso segmentą, užtikrinant efektyvų techninių apžiūrų procesą. Segmentai, pažymėti raidėmis ir skaičiais, atitinka tiksliai korpuso dalis, kuriose specialistai atlieka vizualinį patikrinimą ir išsamų būklės vertinimą. „AutoCAD“ naudojimas šiame kontekste leidžia kurti lengvai atnaujinamą dokumentaciją, svarbią nuosekliam laivo priežiūros procesui. Prieš analizuojant laivo povandeninės dalies techninės apžiūros schemą, būtina suprasti jos tikslą ir metodologiją. Ši schema yra svarbi techninės apžiūros dalis, siekiant nustatyti ir užkirsti kelią techniniams nesklandumams, užtikrinant laivų saugumą ir patikimumą. Specialistai, naudodami šią schemą, planuoja ir vykdo reguliarias ir neeilines apžiūras, dokumentuoja ir stebi korpuso būklės pokyčius, leidžiant laivų priežiūros komandoms operatyviai reaguoti į problemas. Žemiau pateikta povandeninės dalies laivo korpuso techninės apžiūros schema (žr. 12 pav.).



**12 pav.** Laivo korpuso povandeninės dalies techninės apžiūros schema

Schemoje (žr. 12 pav.) pateiktas laivo korpuso techninės apžiūros planas, kurio pagrindas yra

sudarytas remiantis segmentine analize. Laivas yra suskirstytas į tris pagrindines dalis: dešinįjį bortą, kairinį bortą ir kylį, o kiekviena iš šių dalių yra padalinta į segmentus, pažymėtus raidėmis A, B, C ir skaičiais nuo 1 iki 10. Šis laivo korpuso išdėstymas leidžia preciziškai identifikuoti ir dokumentuoti kiekvieną atskirą laivo dalį bei būklę, užtikrinant visapusišką techninės apžiūros procesą. Tokie segmentai, kaip SA1 ar SB10, leidžia apžiūros specialistams nustatyti tikslias vietas, kuriose galėtų būti nustatyti defektai ar reikalingi remonto darbai. Santraukoje esantys sutrumpinimai: S (*angl. Starboard*), P (*angl. Portside*) ir K (*angl. Keel*), suteikia paprastesnę schemos terminologijos aiškumą. Atsižvelgiant į laivo korpuso ar uosto infrastruktūros vieneto dydį, šio schemos matrica gali turėti skirtingus mastelius.

Naudojant ROV galima atlikti būtinas nuotraukas ir vaizdo įrašus, o po to - įvertinti korpuso būklę, nustatyti galimus defektus ar pažeidimus. Jei būtų aptikti pažeidimai, jie būtų pažymėti atitinkamoje schemos vietoje ir įtraukti į tech. apžiūros ataskaitą, kuri vėliau būtų naudojama remonto ar priežiūros darbams planuoti. Tokia sistema leidžia efektyviai stebėti laivo būklę ir užtikrinti jo saugų veikimą.

Nuotoliniu būdu valdomas povandeninis robotas naudojamas įvairių jūrinių objektų apžiūroms. Žemiau pateikta krantinės povandeninės dalies techninės apžiūros schema (žr. 13 pav.).

K																					
	A	KA1	KA2	KA3	KA4	KA5	KA6	KA7	KA8	KA9	KA10										
	B	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7	KB8	KB9	KB10										
	C	KC1	KC2	KC3	KC4	KC5	KC6	KC7	KC8	KC9	KC10										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
											Sutrumpinimai										
											K	Quay	Keel								

**13 pav.** Krantinės povandeninės dalies techninės apžiūros schema

Schemoje (žr. 13 pav.) pateiktas krantinės povandeninės dalies techninės apžiūros planas, kur kiekvienas kvadratas (KA1 iki KA10, KB1 iki KB10, KC1 iki KC10) atitinka konkrečią zoną, kurią reikia fotografuoti naudojant nuotoliniu būdu valdomą povandeninį robotą. Robotas fiksuoja vaizdus kiekvienoje iš šių zonų, o tada šie vaizdai yra analizuojami nustatant trūkumus ar kitas problemas. Tai leidžia efektyviai ir sistemingai sekti ir įvertinti krantinės būklę bei atlikti reikiamus remonto ar priežiūros darbus.

### **Priemonių duomenų bazės kūrimui ir egzistuojančių duomenų bazių analizė**

Duomenų bazė – tai organizuotas struktūrizuotos informacijos arba duomenų rinkinys, paprastai saugomas elektroniniu būdu kompiuterinėje sistemoje. Duomenų bazės paprastai valdomos duomenų bazių valdymo sistema (DBVS). Duomenys, DBVS ir susijusios taikomosios programos, kartu vadinamos duomenų bazių sistema, dažnai sutrumpintai vadinama tiesiog duomenų bazę [15]. DB naudoja, kad būtų galima lengvai pasiekti, valdyti ir atnaujinti informaciją. DB pagrindinis tikslas – suteikti galimybę organizuoti ir saugoti didelius kiekius duomenų, gautų naudojant povandeninį robotą vandens transporto ir infrastruktūros povandeninės dalies techninėje apžiūroje. Šios duomenų bazės leidžia organizacijoms efektyviai tvarkyti informaciją, kuriant ir atnaujinant duomenų įrašus pagal jų poreikius. Be to, duomenų bazėje gali būti integruotų įrankių ir funkcijų, kurie padeda analizuoti duomenis, generuoti ataskaitas ir vykdyti kitus veiksmus, susijusius su vandens transporto ir infrastruktūros technine apžiūra, naudojant povandeninį robotą. Duomenų bazė yra esminis įrankis vandens transporto ir infrastruktūros povandeninės dalies techninių apžiūrų organizavimui, leidžiantis efektyviai valdyti ir naudoti surinktus duomenis.

Šiuo metu dažniausiai pasitaikančius duomenų bazių tipus atspindi eilučių ir stulpelių lentelės. Tai leidžia lengvai pasiekti, valdyti, modifikuoti, atnaujinti ir tvarkyti duomenis. "Oracle" pagalbinės programos arba kitos įvairios programos gali atlikti prieigą prie duomenų bazės be SQL operatorių,

tačiau vykdant užklausas neįmanoma nenaudoti šios užklausų kalbos [15].

Programavimo kalboje SQL egzistuoja du pagrindiniai užklausų vykdymo tipai: interaktyvusis ir integruotasis. Šie du SQL tipai veikia vienodai, bet yra naudojami skirtingose vietose. Interaktyvusis SQL – tai užklausos duomenų bazei pateikimas ir iš karto gautas rezultatas. Tai reiškia, kad procesas vyksta pagal seką ir veikia užklausų ir rezultatų režimu [16]. Integruotasis SQL – programavimo kalboje naudojamas užklausų rinkinys. Pascal, Delphi, Java kalbose kreipiantis į bazę, įkeliamas rezultatas į kintamąjį ir šis rezultatas naudojamas ten, kur reikia. Tai reiškia, kad negalima tiesiogiai siųsti užklausų ir nedelsiant gauti rezultatą. Jis gaunamas tik programos tęsimui ir naudojamas pagal poreikį [16].

SQL – programavimo kalba, skirta pasiekti, keisti ir išgauti informaciją iš duomenų bazių, turinti komandas ir sintaksę. SQL gali būti pritaikytas laivo korpuso povandeninių dalių techninėms apžiūroms, leidžiant sukurti struktūruotą ir prieinamą duomenų bazę. Tokia DB svarbi efektyviam duomenų saugojimui, valdymui ir analizei, ypač naudojant ROV technologijas techninėms apžiūroms.

Pirmame etape reikia sukurti DB (žr. 14 pav.), kuri saugotų informaciją apie laivus, jų techninės apžiūros įrašus, ROV nardymus ir fiksuotus gedimus ar pastebėjimus. Šią informaciją galima struktūrizuoti į 5 lenteles:

```
CREATE TABLE
  Laivai(
    Laivo_id SERIAL PRIMARY KEY,
    Pavadinimas VARCHAR(50) NOT NULL,
    Vėliava VARCHAR(20),
    IMO INT,
    MMSI INT,
    Tipas VARCHAR(100),
    Ilgis DECIMAL(10, 2),
    Plotis DECIMAL(10, 2),
    Metai TEXT,
    Aprašymas TEXT
  );
CREATE TABLE
  Apžiūra (
    Apžiūros_id SERIAL PRIMARY KEY,
    Apžiūra VARCHAR(50),
    Apžiūros_data TEXT,
    Atlikęs_asmuo VARCHAR(50),
    Šalis VARCHAR(50),
    Miestas VARCHAR(50)
  );
CREATE TABLE
  Sektoriai(
    Sektorių_id SERIAL PRIMARY KEY,
    Pavadinimas VARCHAR(100) NOT NULL,
    Aprašymas TEXT
  );
CREATE TABLE
  Nuotraukos (
    Nuotraukos_id SERIAL PRIMARY KEY,
    Nuotraukos_pavadinimas VARCHAR(50),
    Sukūrimo_data TEXT,
    Aprašymas TEXT
  );
CREATE TABLE
  Pastabos (
    Pastabos_id SERIAL PRIMARY KEY,
    Problema VARCHAR(50),
    Problemos_vieta VARCHAR(50),
    Pastabos TEXT
  );
```

14 pav. Vandens transporto techninės apžiūros duomenų bazė

Panaudojant SQL užklaudas (žr. 15 pav.), galima įvesti, atnaujinti ir užklausti duomenis apie laivų technines apžiūras. Tai leidžia ne tik sekti apžiūrų istoriją ir jų rezultatus, bet ir analizuoti duomenis siekiant identifikuoti dažniausiai pasitaikančius gedimus ar kitas problemas. Šiame kode pateiktos 5 sukurtos lentelės. Žemiau pateikta kaip turi būti duomenys suvesti į lenteles. Pirmiausiai duomenys įvedami į „Laivai“ lentelę.

```
INSERT INTO Laivai (Pavadinimas, Vėliava, IMO, MMSI, Tipas, Ilgis, Plotis, Metai, Aprašymas)
VALUES
('Aura Seaways', 'Danija', '9851036', '219028116', 'Keltas', '230.00', '31.60', '2021', 'Klase:Lloyds Register'),
('Victoria Seaways', 'Lietuva', '9350721', '277408000', 'Keltas', '199.14', '26.60', '2009', 'Klase:RINA');
```

**15 pav.** Sukurtos užklaudos laivų duomenims įvesti

Ši SQL užklausa (žr. 16 pav.) naudojama įrašyti duomenis apie laivus į duomenų bazės lentelę „Laivai“. Joje pateikiami du įrašai: „Aura Seaways“ ir „Victoria Seaways“, kuriuose nurodomi laivų pavadinimai, tipai, matmenys, pagaminimo metai ir jų klasifikacijos. Ši užklausa leidžia efektyviai saugoti ir tvarkyti informaciją apie laivus duomenų bazėje.

Laivo ID	Pavadinimas	Vėliava	IMO	MMSI	Tipas	Ilgis	Plotis	Metai	Aprašymas
1	Aura Seaways	Danija	9 851 036	219 028 116	Keltas	230	31,6	2 021	Klase: Lloyds Register
2	Victoria Seaways	Lietuva	9 350 721	277 408 000	Keltas	199,14	26,6	2 009	Klase: RINA

**16 pav.** Išvesti į lentelę laivų duomenys

Ši SQL užklausa skirta įvesti informaciją apie įvykusia apžiūras į duomenų bazės lentelę „Apžiūra“ (žr. 17 pav.). Jame yra du įrašai, kurie dokumentuoja specifines operacijas: Apžiūros\_data, Atlikęs\_asmuo, Šalis, Miestas. Duomenys įvedami į „Apžiūra“ lentelę:

```
INSERT INTO Apžiūra (Apžiūra, Apžiūros_data, Atlikęs_asmuo, Šalis, Miestas)
VALUES
('I', '2024-05-12', 'Jonas', 'Lietuva', 'Klaipėda'),
('II', '2024-05-12', 'Jonas', 'Lietuva', 'Klaipėda');
```

**17 pav.** Sukurtos užklaudos roboto operacijoms įvesti į duomenų bazę

Rezultatai, pateikti „Apžiūra“ duomenų bazės lentelėje (žr. 18 pav.), apima išsamius įrašus apie atliktas technines apžiūras. Šioje lentelėje fiksuojama apžiūros data, atlikęs asmuo, šalis ir miestas.

Apžiūros ID	Apžiūra	Apžiūros data	Atlikęs asmuo	Šalis	Miestas
1	I	2024-05-12	Jonas	Lietuva	Klaipėda
2	II	2024-05-12	Jonas	Lietuva	Klaipėda

**18 pav.** Pateiktas rezultatas, „Apžiūra“ duomenys išvesti į lentelę

Ši SQL užklausa įrašo duomenis į „Sektoriai“ lentelę (žr. 19 pav.). Lentelėje įvedami du įrašai, kurie apima „Pavadinimas“ ir „Aprašymas“, duomenys apima Dešinysis bortas, Kairysis bortas ir Kilis. Ši lentelė reikalinga, norint suprasti sutrumpinimus laivo korpuso sektorių sudarytoje schemeje.

```
INSERT INTO Sektoriai (Pavadinimas, Aprašymas)
VALUES
('Dešinysis bortas', 'Angl. Starboard (S)'),
('Kairysis bortas', 'Angl. Portside (P)'),
('Kilis', 'Angl. Keel (K)');
```

19 pav. Sukurtos užklauso „Sektoriai“, duomenys įvesti į duomenų bazę

Rezultatai pateikti „Sektoriai“ (žr. 20 pav.) duomenų bazės lentelėje, kurioje pateikti sutrumpinimai svarbią informaciją apie technines laivų būklės problemas, kurios nustatomos per ROV operacijas. Lentelėje saugomi duomenys apima problemines sritis, problemas, jų vietas ir konkrečias pastabas, kurios padeda nustatyti būtinus tolesnius veiksmus ar remonto darbus, užtikrinant efektyvų laivų techninį priežiūros procesą.

Sektorių ID	Pavadinimas	Aprašymas
1	Dešinysis bortas	Angl Starboard S
2	Kairysis bortas	Angl Portside P
3	Kilis	Angl Keel K

20 pav. Pateiktas rezultatas, sektorių duomenys išvesti į lentelę

Ši SQL užklausa įrašo duomenis į „Apžiūros\_Nuotraukos“ lentelę (žr. 21 pav.), kuri saugo nuorodas į nuotraukas, susijusias su konkrečių techninių apžiūrų rezultatais. Ši lentelė apima tris stulpelius: Nuotraukos\_pavadinimas, Sukūrimo\_data, Aprašymas.

```
INSERT INTO Nuotraukos(Nuotraukos_pavadinimas, Sukūrimo_data, Aprašymas)
VALUES
('Achterpikas', '2024-05-12', 'Korozija'),
('Forpikas', '2024-05-12', 'Korozija')
```

21 pav. Sukurtos užklauso techninės apžiūros nuotraukų duomenys įvesti į duomenų bazę

Išvedimas ekrane rodo sukurtos duomenys į lentelės „Nuotraukos“ turinį, kurioje saugomi duomenys apie techninės apžiūros nuotraukas. Lentelėje pateikta dvi eilutes, kiekviena su trijų stulpelių informacija (žr. 22 pav.).

Nuotraukos ID	Nuotraukos pavadinimas	Sukūrimo data	Aprašymas
1	Achterpikas	2024-05-12	Korozija
2	Forpikas	2024-05-12	Korozija

22 pav. Pateiktas rezultatas, techninės apžiūros nuotraukų duomenys išvesti į lentelę

Duomenys įvedami į „Pastabos“ lentelę. Lentelė skirta archyvuoti informaciją apie techninių apžiūrų metu užfiksuotas pastabas. Ši lentelė sudaryta iš trijų pagrindinių stulpelių: Problema, Problema\_vieta, Pastabos (žr. 23 pav.).



```
INSERT INTO Pastabos (Problema, Problemos_vieta, Pastabos)
VALUES
('Korozija', 'Anodai', 'Reikalingas anodų keitimas.'),
('Korozija', 'Bulba', 'Inkaro grandinė braižosi į korpusą ir tokių būdų po laiko koroduoja.');
```

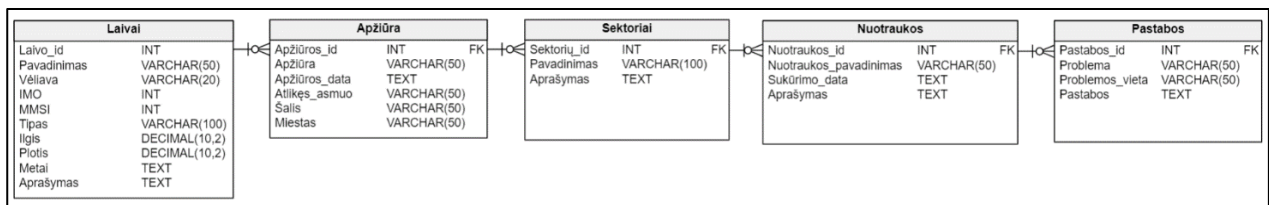
**23 pav.** Sukurtos užklauskos techninės apžiūros pastabų duomenys įvesti į duomenų bazę

Rezultatas pateiktas „Pastabos“ sukurtos duomenų bazės lentelėje. Išvedimas ekrane rodo „Pastabos“ duomenų bazės lentelės turinį, kuris buvo sukurtas po SQL duomenų įvedimo užklauskos įvykdymo. Ši lentelė yra skirta dokumentuoti informaciją apie techninių apžiūrų metu užfiksuotus pastabas, ir ji yra struktūrizuota į tris pagrindinius stulpelius: Problema, Problema\_vieta, Pastabos (žr. 24 pav.).

Pastabos ID	Problema	Problemos vieta	Pastabos
1	Korozija	Anodai	Reikalingas anodų keitimas.
2	Korozija	Bulba	Inkaro grandinė braižosi į korpusą ir tokių būdų po laiko koroduoja.

**24 pav.** Pateiktas rezultatas, techninės apžiūros pastabų duomenys išvesti į lentelę

Šie įrašai parodo, kaip įvairūs duomenys gali būti įvedami į kiekvieną iš sukurtų lentelių. Jie apima informaciją apie laivus, atliktas apžiūras, sektorius, nuotraukas ir pastabas, kurie užfiksuoti per šias apžiūras. Gavus sukurtų duomenų bazių lentelių rezultatus, galima sudaryti vandens transporto priemonių ir infrastruktūros techninės apžiūros duomenų bazės schemą naudojant ROV (žr. 25 pav.). Ši schema sukurta naudojant „Vertabelo“ – įrankį duomenų bazių diagramoms kurti, kuris veikia SQL kalba.



**25 pav.** Vandens transporto ir infrastruktūros techninės apžiūros naudojant ROV duomenų bazės schema

## Išvados

Atsižvelgiant į atliktą tyrimą, kurio tikslas buvo sukurti DB, skirtą vandens transporto priemonių ir uostų infrastruktūros povandeninės dalies techninėms apžiūroms naudojant CHASING M2 PRO MAX povandeninį robotą, galima pateikti šias išvadas:

1. Išanalizavus vandens transporto priemonių ir infrastruktūros povandeninių dalių techninės apžiūros metodus, nustatytą, kad povandeninių nepilotuojamų transporto priemonių naudojimas atliekant laivų ir uosto infrastruktūros techninę apžiūrą, mažina laiko kaštus bei kylanti pavojų po vandeniu dirbantiems narams.
2. Išanalizavus povandeninio roboto CHASING M2 PRO MAX naudojimą įvairiose srityse, buvo pabrėžtos jo technologinės ypatybės ir pritaikymo galimybės. CHASING M2 PRO MAX yra robotas, kuris efektyviai prisideda prie mokslinių tyrimų, povandeninių gelbėjimo operacijų, infrastruktūros priežiūros ir aplinkosauginių stebėjimo projektų. Robotas pasižymi aukštos raiškos vaizdo galimybėmis, ilgu veikimo laiku ir atsparumu esant aukštam slėgiui, suteikdamas profesionalams nepaprastai svarbią surinką informaciją, kuri leidžia efektyviai atlikti sudėtingas povandenines operacijas ir stebėjimus.
3. Sudaryta schema naudojant projektavimo programą „AutoCAD“. Atlikus korpuso techninę apžiūrą naudojant ROV, šiose pateiktose schemose galima koordinuotai sužymėti rastus

trūkumus, neatitikimus ar pažeidimus. Todėl panaudojant aptikta informacija kai laivas dar prie krantinės iš karto galima pradėti planuoti darbus dokavimui.

4. Sukurta duomenų bazės architektūra, naudojant „Retool“, kuri leidžia efektyviai kaupti, saugoti ir analizuoti iš povandeninio roboto gautus duomenis. Ši platforma yra draugiška vartotojams, neturintiems programavimo kalbų, tokių kaip SQL, žinių, nes ji suteikia lengvai pasiekiamą vizualizaciją, kurią sukūrė programuotojas. Struktūra yra suprojektuota taip, kad užtikrintų greitą duomenų pasiekiamumą ir leistų vykdyti išplėstinę analizę bei duomenų vizualizaciją, suteikiant svarbią informaciją sprendimų priėmimo procese.

## Literatūra

1. Lousada, S., Camacho, R.F., & Palacios, J.S. (2021). Underwater Technical inspections using ROV applied to maritime and coastal Engineering: The study case of Canary Islands. In *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95599>
2. Macreadie, P. I., McLean, D. L., Thomson, P., Partridge, J. C., Jones, D. O., Gates, A. R., Benfield, M. C., Collin, S. P., Booth, D. J., Smith, L., Techera, E., Skropeta, D., Horton, T., Pattiaratchi, C., Bond, T., & Fowler, A. M. (2018). Eyes in the sea: Unlocking the mysteries of the ocean using industrial, remotely operated vehicles (ROVs). *Science of the Total Environment*, 634, 1077–1091. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.049>
3. Song, C., & Cui, W. (2020). Review of Underwater ship hull cleaning Technologies. *Journal of Marine Science and Application*, 19(3), 415–429. <https://doi.org/10.1007/s11804-020-00157-z>
4. Lin, B., & Dong, X. (2023). Ship hull inspection: A survey. *Ocean Engineering (Print)*, 289, 116281. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.116281>
5. A. F. Ali and M. R. Arshad, "Ship Hull Inspection using Remotely Operated Vehicle," 2022 *IEEE 9th International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications (USYS)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2022, 1-4, doi: 10.1109/USYS56283.2022.10072609
6. Hume, D. (2019, March 19). *UUV, ROV, AUV – What Does it All Mean? The Liquid Grid*. <https://theliquidgrid.com/underwater-vehicle-classification/>
7. Cheng, C., Sha, Q., He, B., & Li, G. (2021). Path planning and obstacle avoidance for AUV: A review. *Ocean Engineering*, 235, 109355. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109355>
8. Liu, Y., Chen, M., & Zhu, D. (2023). Design and development of ROV for ship hull inspection using ADRC. In *Lecture notes in computer science*, 287–296. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-6489-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-981-99-6489-5_23)
9. Deutsch, C., Kutenkeuler, J., & Melin, T. (2020). Glider performance analysis and intermediate-fidelity modelling of underwater vehicles. *Ocean Engineering*, 210, 107567. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107567>
10. Cauchy, P., Heywood, K. J., Merchant, N. D., Risch, D., Queste, B. Y., & Testor, P. (2023). Gliders for passive acoustic monitoring of the oceanic environment. *Frontiers in Remote Sensing*, 4. <https://doi.org/10.3389/frsen.2023.1106533>
11. NOAA. What is an ocean glider? National Ocean Service website, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/ocean-gliders.html> 10/05/17
12. Bukša, A., Segulja, I., & Tomas, V. (2009). Ship machinery maintenance concept adjustment and design. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/293701912\\_Ship\\_Machinery\\_Maintenance\\_Concept\\_Adjustment\\_and\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/293701912_Ship_Machinery_Maintenance_Concept_Adjustment_and_Design)
13. Ramos, T., Córdoba, A., Sendra, A. L., & De Las Heras Garcia De Vinuesa, A. (2022). Total Design in the Design and Development Process of a Remotely Operated Vehicle (ROV) with Particular Consideration of Sensorization. *Sensors (Basel)*, 22(9), 3284. <https://doi.org/10.3390/s22093284>
14. Khoroshko, A. L. (2020). *The Research of the Possibilities and Application of the AutoCAD Software Package for Creating Electronic Versions of Textbooks for "Engineering and Computer Graphics" Course*. Questa Soft. <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=894802>
15. *What is a database?* <https://www.oracle.com/database/what-is-database/>
16. Ikromovna, A. Z. (2023, December 28). *SQL (STRUCTURED QUERY LANGUAGE) STATISTICAL PACKAGES OF CAPABILITIES*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10427776>