

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē



Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta

projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-
optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un
migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu
samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr.
17-00-F02201-000001

Atskaite par projekta uzdevumiem 3.1.-3.3., 4.1.-4.2.

2020

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

Satura radītājs

1.	U3.1 Testēšanas plāna izstrāde (RTU+LZAA) 14.-15.mēn.	4
	AP3.1 Testēšanas plāns	4
2.	U3.2 Iekārtas testēšana zivju audzētavās (RTU+LZAA) 16.-19.mēn.	6
	AP3.2 Iekārtas testēšanas rezultātu atskaite.....	6
3.	U3.3 Iekārtas prototipa optimizācija (RTU) 16.-24.mēn.	22
3.1.	AP3.3.1 Optimizācijas/uzlabojumu apkopojums.....	22
	Lāzera stara paplašinātāju salīdzinājums	22
	HAOS prototipa moduļu elektroenerģijas patēriņa pētījumi.....	23
	Patērētās jaudas mērīšanas stenda īss apraksts	23
	HAOS prototipa moduļu patērētās jaudas mērījumi.....	25
	1. ūdens moduļa energopatēriņa mērījumu rezultāti	26
	2. ūdens moduļa energopatēriņa mērījumu rezultāti	28
	Zaļas krāsas lāzers, kas pārvietojas tikai horizontālajā plaknē	29
	Zaļas krāsas lāzers un mazjaudīga stara novirzes sistēma.....	30
	Saules paneļu pētījumi iekārtas autonomas darbības nodrošināšanai.	30
3.2.	AP3.3.2 HAOS optimizēts prototips.....	34
	1. Eksistējošas sistēmas	34
	2. Modernizācija.....	38
3.3.	Komunikācijas moduļa uzlabojumi	46
	3.3.1. Kopsavilkums.....	46
	3.3.2. Ievads	46
	3.3.3. Papildinājumi servera programmatūras pusē	48
	3.3.4. Servera vadības web-lapas papildinājums	48
	3.3.5. SPI kopnes jaunais protokols.....	51
	3.3.6. Servera komunikācijas ziņu papildinājums	55
	3.3.7. Papildus funkcijas (SMS ziņu apmaiņa).....	60
	3.3.8. Komunikācijas moduļa implementācija	64
4.	U4.1 Zinātniskās raksta izstrāde (RTU) 19.-22.mēn.	70
	DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.	

AP4.1 Sagatavots zinātnisks raksts	70
5. U4.2 Populāri-zinātniskā raksta izstrāde (RTU) 19.-24.mēn.....	80
AP4.2 Sagatavots populāri- zinātnisks raksts	80
1. ūdens moduļa 12 V akumulatora sprieguma mērījumu rezultāti testu laikā	89
2. ūdens moduļa 12 V akumulatora sprieguma mērījumu rezultāti testu laikā	91
3. Orientēšanas sistēmas YP3040 stiprināšanas shēma	92
4. Servopiedziņas varianta konstrukcijas elementi.....	92
5. Virsūdens lāzera platformas konstrukcija	97
6. Spoguļa griešanas elektroniskā sistēma	102
7. Spoguļa griešanas sistēmas konstrukcija.....	108

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

1. U3.1 Testēšanas plāna izstrāde (RTU+LZAA) 14.-15.mēn.

AP3.1 Testēšanas plāns

Mērķis

HAOS (Hibrīdā intelektuālā akustiski-optiskā sistēma) prototipa darbības efektivitātes testēšana.

Darba uzdevumi

Izstrādāt HAOS prototipa darbības efektivitātes testēšanas plānu, ņemot vērā zivēdājputnu aktivitātes periodus, ūdenstilpņu pieejamību, dīķu īpašības (izmēra, formas, ūdensaugu veida un aizauguma pakāpes u.c.), dažādas zivju sugas un vecumus, zivju audzēšanas procesus un citus apstākļus.

Pēc izstrādātā plāna veikt HAOS prototipa darbības efektivitātes testēšanu. Iegūtos rezultātus apkopot un izvērtēt.

Darba gaita

HAOS prototipa darbības efektivitātes testēšanas plāna izveidē ņemti vērā zivēdājputnu aktivitātes periodi, ūdenstilpņu pieejamība, dīķu īpašības (izmērs, forma, ūdensaugu veids, aizauguma pakāpe u.c.), dažādas zivju sugas un vecumi, zivju audzēšanas procesi un citi apstākļi.

Testēšanas plāns paredz: 1) prototipa testu veikšanu ZI BIOR zivju audzētavas dīķos; 2) prototipa testu veikšanu biedrības zivju audzētavas dīķos. Daļa HAOS prototipa testu tiks veikti pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskā institūta BIOR (ZI BIOR) zivju audzētavu dīķos, kas ir izmēros no ≈ 1 ha līdz 2-3 ha, krastos bez krūmu un koku aizauguma, taisnstūra formas, viegli apsekojami un pārraugāmi zivju mazuļu dīķi. Otra daļa testu veikta biedrības “Latvijas zivju audzētāju asociācija” biedru zivju audzētavās, kas būs izmēros virs 3-5 ha un tai skaitā virs 20 ha, gan mazuļu, gan preču zivju audzēšanas dīķi, veicot testus dažādos apstākļos un dažādu zivju audzēšanas procesu laikā. Tā kā zivju audzēšanā tiek izmantoti dīķi ar platību no zem 1 ha līdz pat vairāku desmitu ha lielumā, iekārtas testēšana tiks veikta dažādu izmēru dīķos, lai noteiktu tās darbības efektivitātes attālumu un darbību dažādu platību dīķos. Ņemot vērā biedrības biedru praktisko pieredzi zivju audzēšanā (dīķsaimniecībā) un zināšanas savu audzētavu apstākļu un procesu pārzināšanā, biedrības biedri piesaistījās aptaujas veidā testēšanas plāna izstrādei. To veica pārrunu veidā biedrības kopsapulcē, kuru organizēja 6.06.2019. Rezultātus protokolēja.

Testēšanas plāns

Nosacījumi:

Testēšanas plāns paredz:

Prototipa testu veikšanu ZI BIOR zivju audzētavas dīķos;

Prototipa testu veikšanu biedrības zivju audzētavas dīķos.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Dīķu lielumi (platība, ha):

ZI BIOR zivju audzētavas dīķi – 1ha; 1-2ha; 2-3ha;

Biedrības zivju audzētavas dīķi – 3-5ha; >20ha; 0,2-1ha (ziemošanas dīķi).

Zivju sugas un vecums (0+ vienasaras; 1+ divvasaru; 2+ trīsvasaru un vecākas):

ZI BIOR zivju audzētavas dīķi – zandartu mazuļi (0+), vimbu mazuļi (0+);

Biedrības zivju audzētavas dīķi – karpu mazuļi (0+), karpas (1+), karpas (2+ un vecākas).

Zivju audzēšanas procesi:

ZI BIOR zivju audzētavas dīķi – zandartu un vimbu mazuļu audzēšana un nozvejas process;

Biedrības zivju audzētavas dīķi – karpu audzēšana, nozvejas process un ziemošanas apstākļi.

Testēšanas reģioni:

ZI BIOR zivju audzētavas dīķi – ZA Dole, ZA Tome (Ķeguma dīķi) Vidzemes reģions;

Biedrības zivju audzētavas dīķi – Vidzemes, Sēlijas un Kurzemes reģions.

HAOS prototipa darbības efektivitātes testēšana tiks veikta no jūlija līdz novembrim.

Tabula Nr.1

Mēnesis	Vieta	Dīķa platība	Zivju suga	Vecums	Reģions	Audzēšanas process
Jūlijs	ZA Dole, ZA Tome	1-3ha	Zandarti, vimbas	0+	Vidzeme	Audzēšana, nozveja
Augusts	ZA Dole, ZA Tome	1-3ha, 5ha	Zandarti, vimbas, karpas	0+, 1+	Vidzeme	Audzēšana, nozveja
Septembris	Biedrības ZA, Gaičēnu dīķis	5ha, >20ha	Karpas	1+, 2+	Vidzeme, Sēlija	Audzēšana, nozveja
Oktobris	Biedrības ZA	>20ha, <1ha	Karpas	2+	Sēlija, Kurzeme	Audzēšana, nozveja, ziemošana
Novembris	Biedrības ZA	<1ha	Karpas	2+	Kurzeme	Ziemošana

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

2. U3.2 Iekārtas testēšana zivju audzētavās (RTU+LZAA) 16.-19.mēn.

AP3.2 Iekārtas testēšanas rezultātu atskaite

Saskaņā ar izstrādāto plānu sadarbībā ar ZI BIOR un RTU (Rīgas Tehniskās Universitātes) pētniekiem un speciālistiem jūlijā sākās HAOS prototipa testēšana divās ZI BIOR zivju audzētavās, kā arī aparātūras pieskaņošana un parametru optimizēšana. Testēšana reālos apstākļos bija pamīšus ar testēšanu laboratorijas apstākļos un iekārtas uzlabošanu, pamatojoties uz novērojumos iegūtajiem rezultātiem. Testēšanas rezultātu novērtēšanai piesaistīja ZI BIOR speciālistus, kas ļāva veikt profesionālu iegūto datu analīzi, kā arī sniedza norādījumus un padomus iekārtas optimizēšanai.

Visu novērojumu laikā galveno uzmanību pievērša iekārtas prototipa efektivitātei attiecībā uz zivēdājputniem (Jūras kraukli, Pelēko un Balto gārni, Ķīri, Lauci, Krīkli, Gauru u.c.), kā arī kāda būs ietekme uz citiem putniem (Meža pīlēm, gulbjiem, stārķiem u.c.).

Par novērojumu būtiskākajiem rezultātiem regulāri informēja RTU pētniekus, lai iespēju robežās procesa gaitā varētu HAOS prototipu uzlabot, optimizēt un padarīt to efektīvāku.

Lietotie apzīmējumi				
				
Zaļais lāzers	Sarkanais lāzers	Tīkla barošana	Saules paneļi	Plosts ar skaļruņiem

Testēšana ZA Dole

Pirmā testēšanas vieta bija ZI BIOR zivju audzētavas Tome filiāles Dole vimbu mazuļu (0+) audzēšanas dīķi (attēls Nr.1). Iekārtas darbības laukā bija vairāki 0,9 ha lieli dīķi. Kopā tur atradās 8 vienāda izmēra, paralēli novietoti, taisnstūra formas mazuļu audzēšanas dīķi, kuru krasti bija apļauti un bez krūmu vai koku apauguma.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



1.att. HAOS prototipa testēšana ZI BIOR zivju audzētavas Tome filiālē Dole (X - HAOS prototipa atrašanās vieta)

Izmantotā sistēmas konfigurācija



HAOS prototipa darbības efektivitātes testēšanas laikā novērojumus veica drošā attālumā no slēpņa, lai netiktu iztraucēti putni no cilvēku klātbūtnes. Veica rezultātu fiksēšanu un protokolēšanu, īpašu uzmanību pievēršot laikapstākļiem, gaismas intensitātei, iekārtas darbībai, attālumiem, zivju uzvedībai, u.c. faktoriem. Prototipa darbības novērošanas laikā pētnieki izmantoja specializētu apģērbu maskēšanās krāsā. Kā slēpni ilgstošai novērošanai izmantoja putnu novērošanas telti (attēls Nr.2).

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



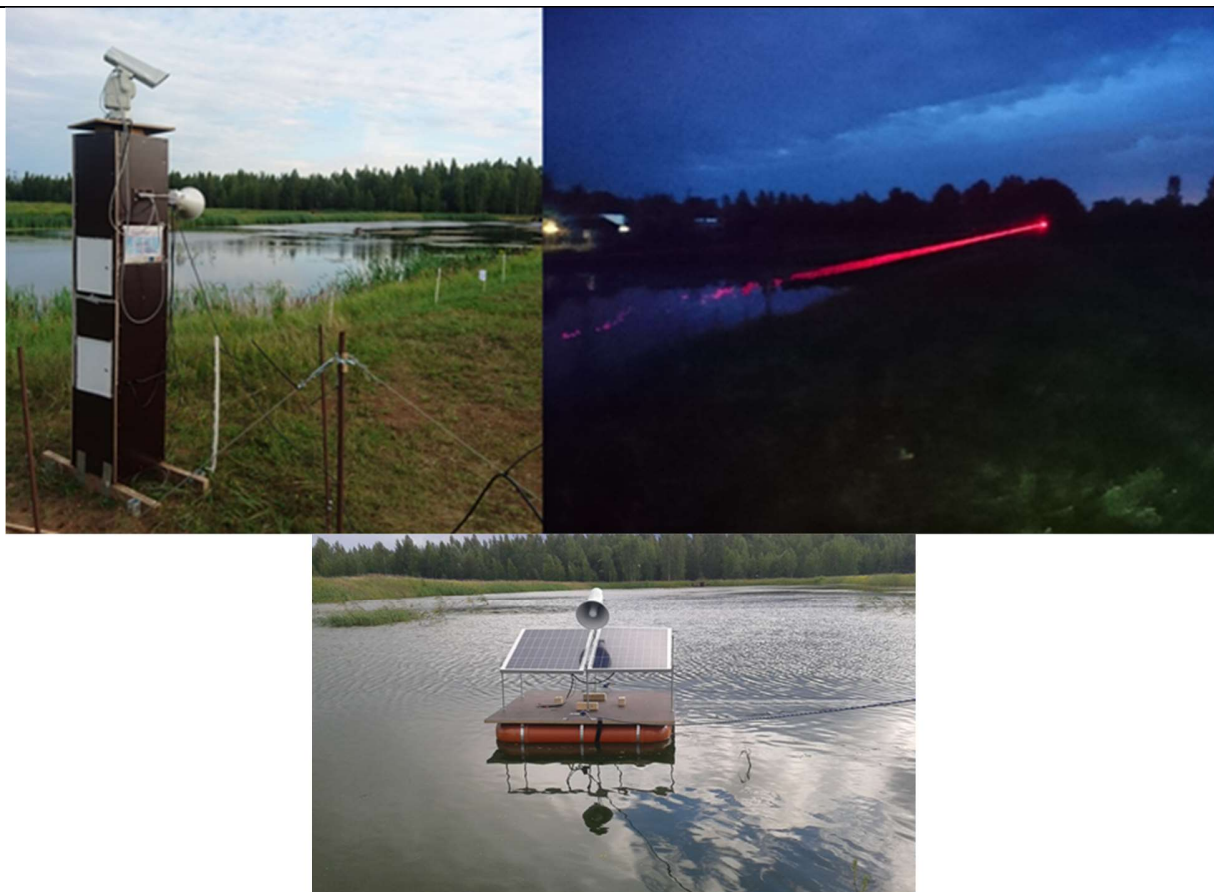
2.att. Novērošanas telts zivju audzētavas Tome filiālē Dole, dīķa nozvejas procesa laikā.

Novērošanas laikā eksperti izmantoja tālskatis, gaismas intensitātes un attāluma mērītāju. Procesus fiksēja novērojumu tabulās, kur tika ierakstīta pamatinformācija, vieta, datums, novērošanas laiks, ilgums un pēc tam sekoja sīkāks apstākļu un notikumu apraksts. Reģistrēja laikapstākļus, putnu sugas, to aptuveno attālumu līdz HAOS prototipa komponentēm, putnu uzvedību, gaismas intensitāti u.c. iespēju robežās fiksēja notiekošo blakus dīķos, pāri dīķiem lidojošos putnus un to uzvedību. Novērojumus veica dažādos iespējamajos laikapstākļos no tumsas līdz tumsai.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

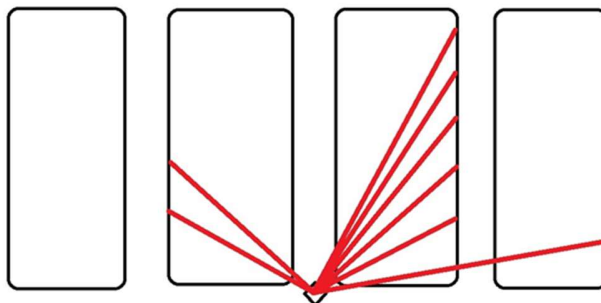
MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



3.att. HAOS prototips ZA Dole un tā darbība vēlā vakarā

Prototips nodrošināja nepārtrauktu darbību jebkuros laika apstākļos. Strādāja uzstādītajā laika režīmā. Šajā izmēģinājumu vietā tika nodrošināts pastāvīgs strāvas pieslēgums. Sākotnējā gaismas stara (lāzera) darbība nepārklāja vienmērīgi visu uzstādīto darbības lauku (attēls Nr.4). Informējot RTU speciālistus, tā darbību uzlaboja.



4.att. Sākotnējā gaismas stara darbība ZA Dole

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

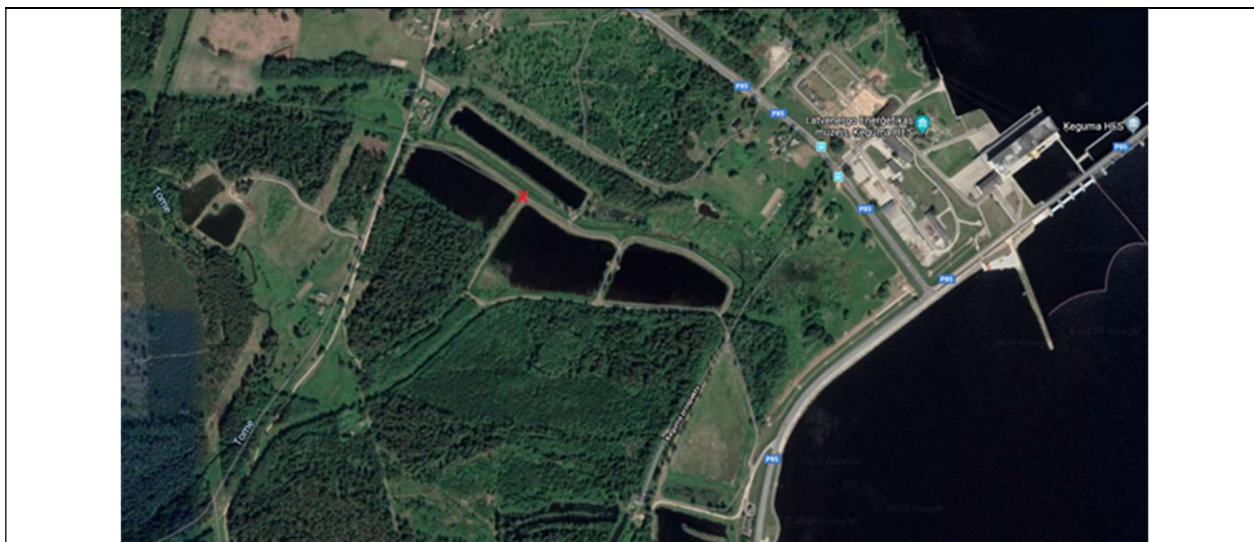
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Testēšanas procesu laikā, konkrētā saimniecībā intervēja arī tās atbildīgos zivkopjus un zivju audzētavas īpašniekus un vadītājus, lai noskaidrotu viņu viedokli un papildinātu iegūtos rezultātus.

Prototipa testēšana šajā zivju audzētavā notika līdz augusta beigām, līdz vimbu mazuļu dīķus apzvejoja, kad to vidējais svars sasniedza $\approx 1\text{g}$. Nozvejas laikā notika pastiprināta dīķu novērošana, jo ūdens daudzumam samazinoties zivju koncentrācija kļūst lielāka, kā arī līmenim pazeminoties ir vieglāk bridējputniem, kā gārņi, piekļūt pie zivīm. Neatbaidot zivēdājdzīvniekus, šī procesa laikā zivju audzējiem tie nodara lielus zaudējumus.

Testēšana ZA Tome

Paralēli otru HAOS prototipu testēja ZI BIOR zivju audzētavas Tome Ķeguma zandartu mazuļu (0+) audzēšanas dīķos (attēls Nr.5).



5.att. HAOS prototipa testēšana ZI BIOR zivju audzētavā Tome (X - HAOS prototipa atrašanās vieta)



DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Šajā testēšanas vietā prototipu arī testēja zivju mazuļu audzēšanas un nozvejas laikā. Testēšanā izmantoja tikai krastā novietotu optisko un skaņas putnu atbaidītāj ierīci. Divus blakus novietotos dīķus testēja atsevišķi. To lielums bija 1,75 un 3,04 ha. Šeit nebija pastāvīga strāvas avota, bet tika izmantoti akumulatori un saules baterija. Lai nodrošinātu iekārtas nepārtrauktu darbību, testēšanas novērošanas laikā akumulatori tika regulāri mainīti un saules baterija bija papildinošs elements. Novērojumi un to reģistrācija notika pēc iepriekš aprakstītās shēmas.



6.att. HAOS prototips ZA Tome un tā darbība vakara krēslā

Šajā zivju audzētavā testēšana arī tika pārtraukta augustā, līdz ar šo dīķu apzvejošanu. ZA Dole un ZA Tome izmantoja sarkanās krāsas lāzera staru.

Testēšana Gaičēnu dīķī

Septembrī uzsāka HAOS prototipu testēšana biedrības “Latvijas zivju audzētāju asociācija” biedru zivju audzētavās. Kā pirmo reģionu izvēlējāmies Vidzemi. Testēšana notika ZS “Ūdensrozes” divvasaras (1+) karpu mazuļu audzēšanas dīķī, Gaičēnu dīķī, kas atrodas Stalbes pagastā netālu no Daibes (attēls Nr.7). Dīķa platība 8 ha.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



7.att. HAOS prototipa testēšana zivju audzēšanas uzņēmuma ZS “Ūdensrozes” Gaičēnu dīķī (X - HAOS prototipa atrašanās vieta)

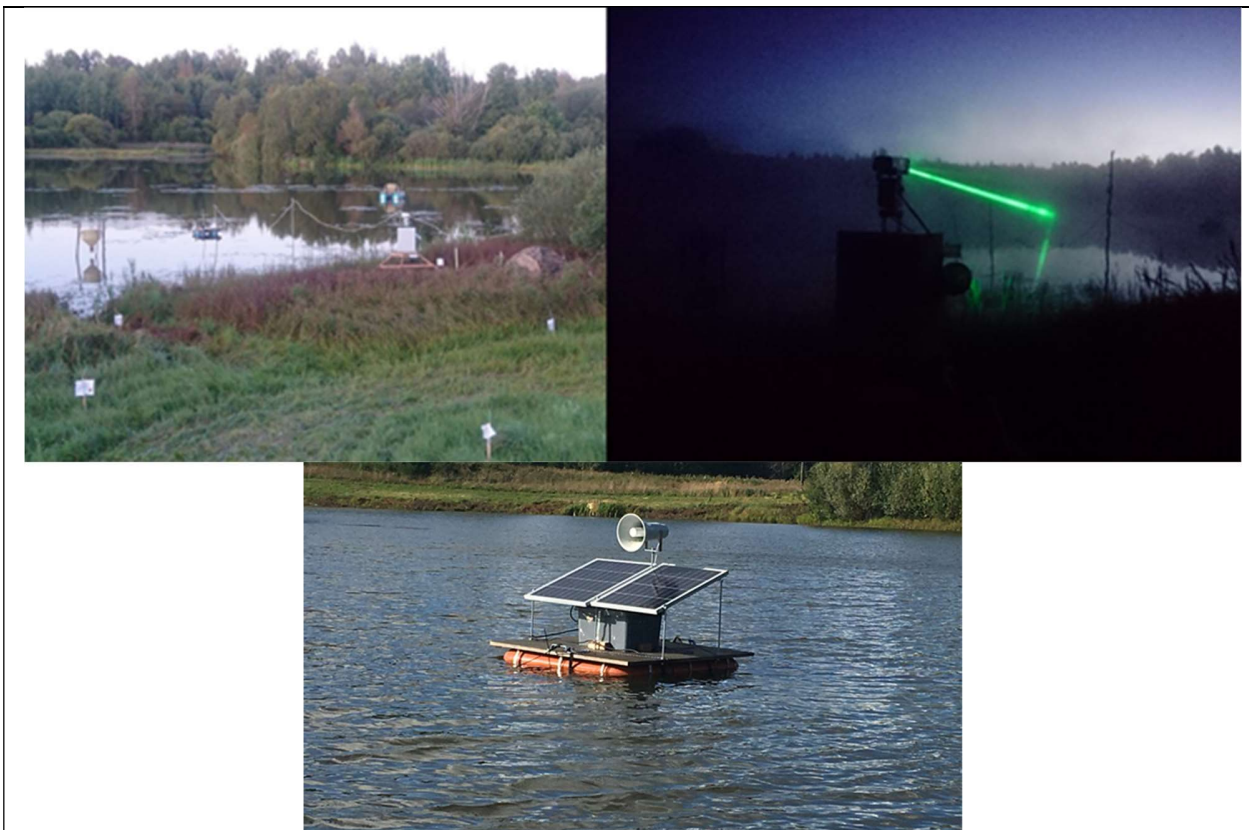


Iekārtas darbībai šajā vietā nodrošināja pastāvīgu strāvas pieslēgumu. HAOS prototipā izmantoja zaļas krāsas lāzeri. Aptuveni dīķa vidū uzstādīja plostu ar zemūdens un virsūdens skaņas skaļruņiem. Iekārtas uzstādītājā pozīcijā, lāzera darbībai nebija sasniedzams dīķa ziemeļrietumu līcis. Būtisks bija zivju audzētavas ģeogrāfiskā norādījums, ka Jūras kraukļi jeb Kormorāni šajā dīķī pirms atbaidītāja prototipa uzstādīšanas, tik pat kā katru dienu aptuveni astoņos no rīta atlidoja baroties. Mēģinot tos nomedīt vai uzstādot gāzes lielgabalu, Kormorāni izbiedēti aizlidoja uz netālu (tuvākais aptuveni 2 km attālumā) esošiem citiem zivju audzēšanas dīķiem un dažreiz atgriezās vēlā pēcpusdienā. Šajā dīķī esošais karpu mazuļu lielums (vecums 1+, septembrī vidēji 200 – 500g) ir viens no piemērotākajiem šai putnu sugai, tāpēc to interese uz šo dīķi bija pastiprināta. Prototipu šeit testēja līdz septembra beigām, kad dīķi apzvejoja.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



8.att. HAOS prototips ZS “Ūdensrozes” Gaičēnu dīķī un tā darbība agri no rīta nelielas miglas apstākļos

Redzot labo iekārtas efektivitāti, pēc dīķa nolaišanas un nozvejas, plostu ar skaņu iekārtām pārvietoja uz ZS “Ūdensrozes” ziemas dīķiem. Ziemas dīķu platība bija no 0,1 – 0,2 ha. Tur tās efektivitāti pārbaudīja neilgu laiku, jo atsevišķi tikai skaņas iekārta uzrādīja zemu efektu zivēdājputnu atbaidīšanā.

Gaismas stara darbība, tā teritorijas pārklāšana bija uzlabota, tomēr lielākās teritorijās tā nebija apmierinoša, salīdzinot ar ZI BIOR dīķu platību HAOS prototipa testēšanas sākumā. Lai paaugstinātu iekārtas efektivitāti, ieteicām RTU pētniekiem savādāku lāzera novietošanas risinājumu. Iekārtas testēšanas novērojumu laikā bija izteikts priekšlikums, vai tehniski ir iespējams novietot lāzeri aptuveni 0,2 – 0,5 m virs ūdens līmeņa un panākt tā darbību tikai horizontālā plaknē. Šādā veidā atkarībā no tā novietošanas punkta pārredzamības leņķa būtu noklāta visa dīķa ūdens redzamā daļa.

Testēšana Šķiņu purva dīķī

Gaičēnu dīķī aprobētais iekārtas prototipa tehniskais risinājums tika nodrošināts nākošajā testēšanas vietā Sēlijā pie Sunākstes akvakultūras dzīvnieku audzēšanas uzņēmuma SIA “W4” Šķiņu purva dīķī, kurā pamatprodukcija ir preču izmēra karpas vecumā 2+. Šī dīķa kopējā platība ir 47 ha. Testēšana šajā vietā tika uzsākta septembra beigās.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



9.att. HAOS prototipa testēšana zivju audzēšanas uzņēmuma SIA “W4” Šķiņu purva dīķī (X - HAOS prototipa atrašanās vieta)

Izmantotā sistēmas konfigurācija



Šajā zivju audzēšanas dīķī iekārtas darbību nodrošināja pastāvīgs strāvas pieslēgums un tā sastāvēja no sekojošiem komponentiem, plosti ar zemūdens un virsūdens skaņas skaļruņiem, no augšas leņķī uz leju vērsta gaismas stara (līdzīgi, kā tika izmantots iepriekš) un atsevišķi horizontālā plaknē strādājoša gaismas stara komponentiem. Sakarā ar dīķa aizaugumu, meldru salām, līčiem, īpaši dīķa dienvidu daļā, tie nebija aizsniedzami gaismas stariem no prototipa novietošanas vietas. Testēšanas novērojumos ūdens putnus fiksēja tikpat kā tikai šajās iekārtas lāzeru neaizsniedzamajās daļās. Līdzīgi kā citās HAOS prototipa testēšanas vietās, iekārta testēšanas laikā vairākkārt tika atslēgta un tad novērota putnu aktivitāte dīķa teritorijā un tā apkārtnē.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



10.att. HAOS prototips SIA “W4” Šķiņu purva dīķī, lāzera neaizsniedzamās dīķa daļas, dīķa nozvejas procesa pēdējā diena

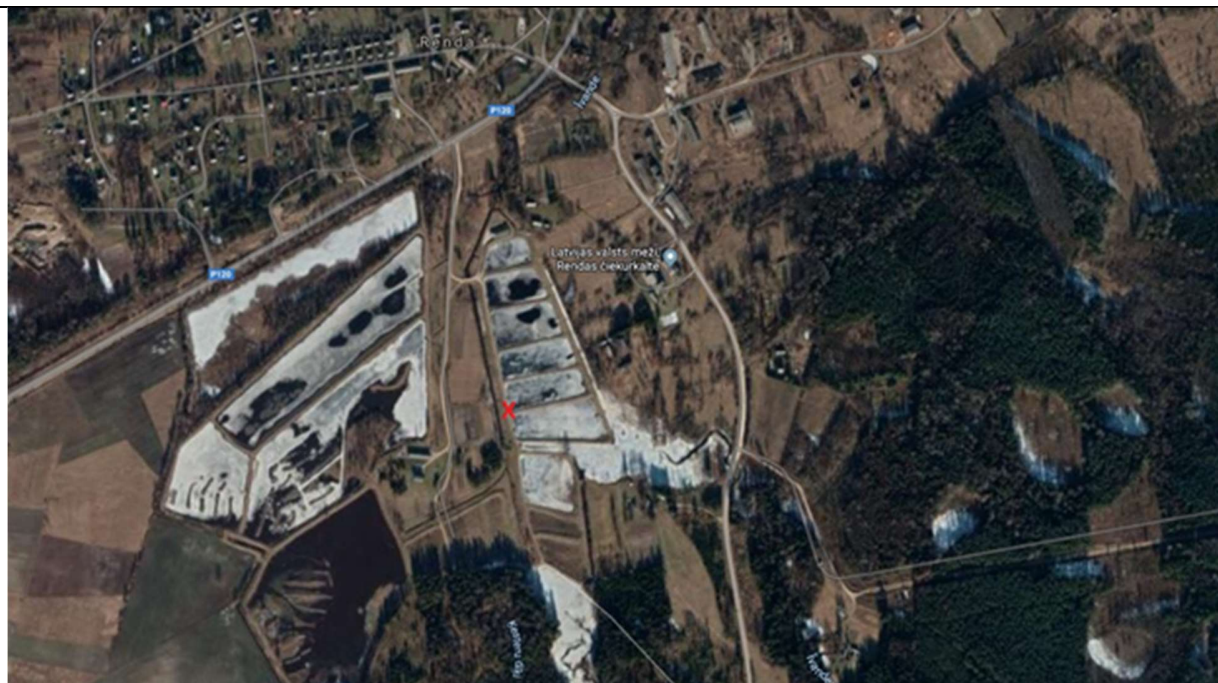
Testēšana Rimzātos

Pēdējā HAOS prototipa testēšanas vieta oktobrī un novembrī bija Kurzemē pie Rendas zivju audzēšanas uzņēmumā “Rimzāti, Kuldīgas rajona V.Kancāna individuālais uzņēmums” (attēls Nr.11).

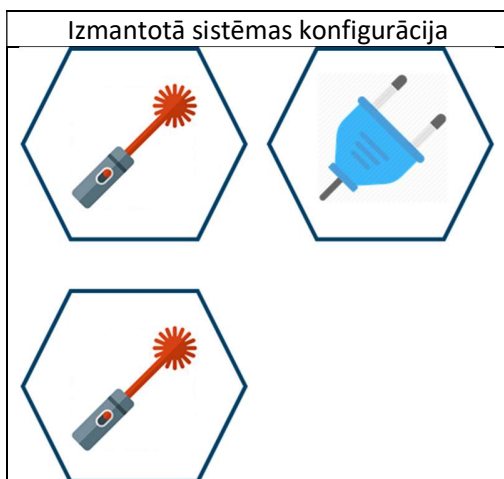
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



11.att. HAOS prototipa testēšana zivju audzēšanas uzņēmuma “Rimzāti, Kuldīgas rajona V.Kancāna individuālais uzņēmums” ziemas dīķos (X - HAOS prototipa atrašanās vieta)



Iekārtas prototips tika testēts ziemošanas dīķos. Tā darbību nodrošināja pastāvīgs strāvas pieslēgums. Pēc zivju audzētavas īpašnieka teiktā, pēc zivju nozvejas un to ievietošanas ziemas dīķos, lielākos zaudējumus zivju produkcijai, galvenokārt 0+ vecuma karpu mazuļiem, līdz dīķu aizsalšanai, nodara Lielās gauras. Šie putni 20-30 īpatņu lielos baros vai pat lielākos atlido uz zivju audzētavas ziemošanas dīķiem un nodara saimniecībai būtiskus zaudējumus. Tāpēc oktobrī pēc vienasaras karpu mazuļu ievietošanas ziemošanai, sagaidot pirmos DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

zivēdājputnus, pie šiem dīķiem uzstādīja putnu atbaidītāj iekārtas prototipu. Šajā vietā tika testētas tikai gaismas staru izstarojošās komponentes gan no augšas vērstā, pārklājot vienu un daļēji otru dīķi, gan horizontālajā plaknē strādājošā komponente, kas pilnībā nosedza vienu dīķi. Uzņēmumam šeit ir izvietoti 6 ziemošanas dīķi, platība no 0.3 līdz 0.6 ha. HAOS prototips nosedza 0,6 un 0,5 ha lielus blakus esošus dīķus. Pēc iekārtas uzstādīšanas piecas dienas putni tikpat kā bija pazuduši no visiem ziemas dīķiem. Šajās dienās citos dīķos novēroja atsevišķus Ķīrus, Meža pīles, bet sestajā dienā saulainā laikā dīķos pie HAOS prototipa ~50 m attālumā no iekārtas atlidoja ~20 Lielās gauras. Tajā pašā laikā pārejos dīķos novēroja lielāku skaitu Ķīru, Meža pīļu, Laučus, Baltos stārķus, Lielās gauras un gulbjus. Novērojumos atklājās, ka horizontālā plaknē strādājošā zaļās gaismas lāzera stara intensitāte bija ļoti stipri samazinājusies, kā rezultātā pie lielākas gaismas intensitātes, gaišākā laikā, iekārtas efektivitāte tikpat kā bija zudusi. Novēršot tehniska rakstura defektu un atjaunojot stara jaudu, putni ziemošanas dīķos parādījās reti un tikai no atbaidītāj ierīces tālāk esošajos dīķos. Turpmākās testēšanas novērojumu laikā zivēdājputnus ļoti reti konstatēja no ierīces tālākajos dīķos.



12.att. HAOS prototips uzņēmuma “Rimzāti, Kuldīgas rajona V.Kancāna individuālais uzņēmums” ziemas dīķos

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Rezultāti

Pēc HAOS prototipu testēšanas ZA Dole un ZA Tome zivju mazuļu audzēšanas dīķos iegūtā informācija apkopota rezultātu tabulā Nr.1.

Putnu suga	Ierīce	Attālums (m)	Gaismas intensitāte (Lux)	Piezīmes	
Ķīris	Sarkans lāzers (skaņa)	50	0-7000-8000	Ja lāzers trāpa, tad maina vietu, turas ~100m attālumā	
	Plosts ar skaļruņiem	≥20			
Gaigala	Sarkans lāzers (skaņa)	50-150	1500-2500		
	Plosts ar skaļruņiem	70			
Laucis	Sarkans lāzers (skaņa)	30 (70)	1740 (2210)	Ja trāpa lāzers pie 100-200 lux, tie aizlido. Bez skaņas 200m pie 170 lux nebaidās	
	Plosts ar skaļruņiem	30 (70)			
Krīklis	Sarkans lāzers (skaņa)	50	800		
	Plosts ar skaļruņiem	30 (50)			
Kormorāns jeb Jūraskrauklis	Sarkans lāzers (skaņa)	70	12 920	Ne lāzera darbības zonā	
	Plosts ar skaļruņiem	≈40 (70)			
Gārnis	Sarkans lāzers (skaņa)	50 (70)	500	Ap 100m jūtas droši, pie skaņas pierod. Kopumā gārņiem tas radīja diskomfortu un tikai daži ielaidās dīķos, citi lidoja pāri,	

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

				sēdēja kokos. Ne lāzera zonā virs 100m barojas līdz tumsai. Gārņi nebēga nelielā miglā virs 380 lux, no lāzera (70m).	
	Plosts ar skaļruņiem	30			
Meža pīle	Sarkans lāzers (skaņa)	50	70 000 – 100	20m ne lāzera darbības zonā pie 12 900 lux. Ja trāpa lāzers pie 100-200 lux, tie aizlido.	
	Plosts ar skaļruņiem	≥20			
Stārķis	Sarkans lāzers (skaņa)	30	2700		
	Plosts ar skaļruņiem				
Laikapstākļi: saulains, mākoņains, lietus, migla.					
Pie skaņas ātri pierod, sākumā reaģē, turas ~100 m, bet pat pēc 4-5 atskaņošanas reizēm sāk mierīgi peldēt un baroties >70m attālumā. Skaņas laikā paliek uzmanīgi. Ja skaņa tiek izslēgta, tad putni drošāki piepeld līdz 20 m tuvumā. Skaņa var būt traucējoša apkārt dzīvojošajiem un strādājošajiem. Ilgstoši esot skaņu ierīcei putni ietur distanci ap 30m un nebaidās.					
Lāzers – pamatā, ja netrāpa, tad nelido prom, pat gandrīz tumsā. Lāzera algoritms nav diez ko labs. Jo tālāk, jo kustība ir ļoti ātra un optimāli nepārklāj visu darbības zonu. Nav nepieciešama tā darbība tuvumā pie ierīces. Nelielā miglā ap ~120 lux punu nebija (stars ļoti vājš). No augšas slīpumā versts stars nevar pārklāt pilnībā visu teritoriju. Vietās, kuras lāzers neskar, putnu vairāk.					
Plosts ar skaļruņiem – ietekmi uz zivīm nenovēroja.					
Blakus un tuvumā esošajos dīķos putnu daudzums krietni lielāks.					
Iekārtām strādājot putnu skaits samazinās					

Noslēdzot testēšanu ZA Dole un ZA Tome, pēc sākotnējo rezultātu un atsauksmju apkopošanas, rezultāts ir tāds, ka putni tiek iztraucēti, iekārtai strādājot to skaits ir mazāks, tiek novērota pierašana. Vērtējot zivju audzētāju atsauksmes, subjektīvi, iekārtas efektivitāte vidēja/zema.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Nemot vērā turpmāko testēšanas vietu apstākļu atšķirības, nelielo testēšanas ilgumu un HAOS prototipa atšķirīgo komponentu komplektāciju, rezultātus apvienot vienotā tabulā ir sarežģīti, tāpēc tie ir aprakstīti tekstā, minot būtiskākos novērojumu rezultātus.

HAOS prototipa testēšana zivju audzēšanas uzņēmuma ZS “Ūdensrozes” Gaičēnu dīķī uzrādīja labus rezultātus. Zivēdājputnu situācija dīķī pēc iekārtas uzstādīšanas būtiski izmainījās uz labo pusi, putni tika novēroti ļoti reti. Novērojumos vairākkārt redzēja Kormorānus pārlidojam virs dīķa, parasti, pirmā reize bija no 7:00 līdz 8:00 no rīta. To grupu lielums bija 5-6 putni. Reti konstatēja atsevišķa Kormorāna esamību dīķa ziemeļrietumu līcī, kur nesniedzās gaismas stars. Vēl retāk redzēja Kormorānu neilgu laiku uzturoties dīķī ~150 m attālumā no plosa un ~270 m attālumā no lāzera iekārtas. Reti un skaitā no 1 līdz 3 putniem, attālākajos krastos fiksēja gārņu klātbūtni. Novēroja Kormorānu, Meža pīļu un gulbju riņķošanu virs dīķa, kam tālāk seko putnu aizlidošana prom. Atsevišķos gadījumos dienas laikā dīķī novēroja dažus (1 – 3 putnus) Laučus un Meža pīles ne tuvāk kā ~100 m no ierīcēm. Zemūdens skaņas iekārtas negatīva ietekme uz zivīm nebija novērota. Pēc zivju audzētavas darbinieku teiktā, HAOS prototipam strādājot dīķī, putni no dīķa tikpat kā pazuda. Atsevišķi novietotā tikai skaņas ierīce šī uzņēmuma ziemas dīķos, uzrādīja vāju efektu. Putnu skaits samazinājās, bet pēc pāris stundām, tiem pierodot pie skaņas iekārtas, drošākie gārņi medīja zivis pat 20 m attālumā no atbaidītāja.

Putnu atbaidīšanas iekārtas prototipa testēšanas laikā zivju audzēšanas uzņēmuma SIA “W4” Šķiņu purva dīķī, iekārta uzrādīja tūlītēju efektu pēc tās uzstādīšanas. Ūdensputnu skaits nevis samazinājās, bet tikpat kā pazuda, paliekot tikai gaismas staram neaizsniedzamās vietās, dīķa līčos. Novērojumu rezultāti liecina par ļoti labu virs ūdens horizontālajā plaknē strādājošā lāzera darbību, pat >800 m attālumā. Aptuveni šādā attālumā lāzera darbības zonā gaišākā dienas laikā fiksēja gārņus. Bija fiksēta ērgļu riņķošana virs dīķa, bet novērojumos neredzēja to ielaišanos dīķī. Pēc zivju audzētavas darbinieku teiktā, salīdzinot ar situāciju iepriekš, putni no dīķa tikpat kā pazuda. Testēšanas laikā atslēdzot iekārtu, vidēji pēc 30 min pirmie atlidoja gārņi, ieslēdzot tie aizlidoja. Dīķa nozvejas laikā, dienas gaišākajā laikā putnu daudzums mazliet skaitliski palielinājās. Tomēr tie uzturējās virs 300 m attālumā no ierīces. Arī nozvejas laikā saimniecības darbinieki apliecināja, ka zivēdājputnu daudzums ir ļoti mazs nekā parasti šādās situācijā.

Iekārtas prototipa testēšana uzņēmuma “Rimzāti, Kuldīgas rajona V.Kancāna individuālais uzņēmums” ziemas dīķos uzrādīja ļoti labus rezultātus. Pēc uzņēmuma īpašnieka, ar vairāk nekā 30 gadu zivju audzēšanas stāžu, teiktā putnu problēma ziemas dīķos tika pilnībā atrisināta. Gaismas staru iekārtas efektu novēroja ne tikai dīķos, kurus tie pārklāja, bet arī blakus esošajos dīķos. Iekārtu uzstādīja abos vienasaras karpu mazuļu dīķos un iekārtai strādājot tie pilnībā bija aizsargāti. Novērojumu rezultāti liecina, ka atbaidītājs atstāja pozitīvu ietekmi arī uz ūdriem, tos aizbaidot.

Secinājumi

1. HAOS prototipa testēšanas laikā veiktie uzlabojumi ir būtiski paaugstinājuši tās efektivitāti.
2. Labākie putnu atbaidīšanas rezultāti tika sasniegti ar horizontālā plaknē strādājošo lāzeri.
3. Nenovēroja zemūdens skaņas iekārtas negatīvu ietekmi uz zivīm. Pēc novērojumos iegūtajiem rezultātiem nevar droši spriest par tās efektivitāti putnu atbaidīšanā.
4. Pie skaņas iekārtām putni samērā ātri pierod un nebaidās, ieturot zināmu attālumu.
5. Pie spilgtāka apgaismojuma gaismas staru ierīcēm mazinās efekts.
6. Iekārtas darbība atstāja pozitīvu efektu arī uz ūdru atbaidīšanu.

Ieteikumi

1. Turpināt testēšanu visas audzēšanas sezonas garumā.
2. Pilnveidot un izveidot viegli uzstādāmu, atsevišķu horizontālās darbības gaismas stara ierīci.
3. Izveidot vienkāršu ierīces darbības uzstādīšanu/ieprogrammēšanu.

Ar HAOS prototipa testēšanas rezultātiem interesentus iepazīstināja seminārā “Karpu audzēšana un to slimības” 2019. gada 26. novembrī. Starp semināra dalībniekiem bija zivju audzēšanas uzņēmumu pārstāvji, pie kuriem notika iekārtas testēšana. Viņi iesaistījās diskusijās un apliecināja klātesošajiem iekārtu efektivitāti. Semināra dalībniekiem bija interese uzzināt iekārtas cenu un iespējām to iegādāties.

Biedrības “Latvijas zivju audzētāju asociācija” kopsapulcē (11.12.2019) ar testēšanas rezultātiem iepazīstināja biedrības biedrus un uzklusēja to biedru viedokļus, kas bija saskārušies praksē ar testēšanas procesu. Pēc dzirdētās informācijas biedrības biedri ir gatavi turpināt sadarbību ar mērķi uzlabot un optimizēt iekārtas efektivitāti un tās praktiskumu, piedāvājot prototipa testēšanai savas dīķu platības un nodrošināt visu nepieciešamo tās darbībai un zināmai uzraudzībai.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

3. U3.3 Iekārtas prototipa optimizācija (RTU) 16.-24.mēn.

3.1. AP3.3.1 Optimizācijas/uzlabojumu apkopojums

Lāzera stara paplašinātāju salīdzinājums

HAOS prototipa izstrādes laikā problēmas radīja lielo gabarītu lāzera stara paplašinātājs BEW-10x. Zaļajam lāzeram ir arī lielāki gabarīti, kas padara neiespējamu tā ievietošanu vieglā AXIS T93F10 korpusā. Zaļās krāsas lāzeri MGL-H-532-500mW kopā ar BEW-10x stara paplašinātāju ir iespējams izvietot HEG47K2A000 korpusā. Savukārt šī korpusa svars ir 4,7 kg. Lāzera ar paplašinātāju masa ir 3 kg, līdz ar to tiek sasniegtā lāzera virzošās sistēmas maksimāli pieļaujamā slodze (8 kg). Tas savukārt var negatīvi ietekmēt iekārtas drošumu un ekspluatācijas laiku. Tabulā ir sniegts triju lāzera stara paplašinātāju salīdzinājums. Apskatot tabulas datus var secināt, ka nepastāv optimāls variants, tāpēc iekārtas gabarīti būs samēra lieli, jo putnu atbaidīšanai ir nepieciešams labi redzams, spilgts lāzera stars, ko iespējams iegūt ar BEW-10x paplašinātāju

Tabula. 532 nm lāzera stara paplašinātāju parametru salīdzinājums.

Modelis	garums, mm	maks. diametrs, mm	lāzera stara maks. diametrs, mm	stara paplašinājums	Priekšrocības	Trūkumi
BEW-10x	205	86	4-10	10x	pilnīgi saderīgs ar lāzeri	lieli gabarīti un svars
BE-10x	65	30	2	10x	mazi gabarīti un svars	Nav saderīgs ar MGL-H-532-500mW dēļ maza ieejas stara diametra. Daļa no lāzera enerģijas tiek izkliedēta.
Linos	atkarīgs no paplašinājuma no 131 līdz 148	42	3-8	2-8x	regulējams stara paplašinājums, vidēji gabarīti	Nav mehāniski savietojams ar MGL-H-532-500mW. Nepieciešams taisīt atsevišķu stiprinājumu.

3 pieejamie lāzera stara paplašinātāji:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



HAOS prototipa moduļu elektroenerģijas patēriņa pētījumi

Testēšanas laikā tika veiktas dažādas iekārtas moduļu modifikācijas – gan shēmām, gan programmnodrošinājumam. Piemērām tika mainīti audio signāli, to atskaņošanas ilgums un biežums. Līdz ar to parādījās nepieciešamība apkopot moduļu energopatēriņa informāciju.

Patērētas jaudas mērīšanas stenda īss apraksts

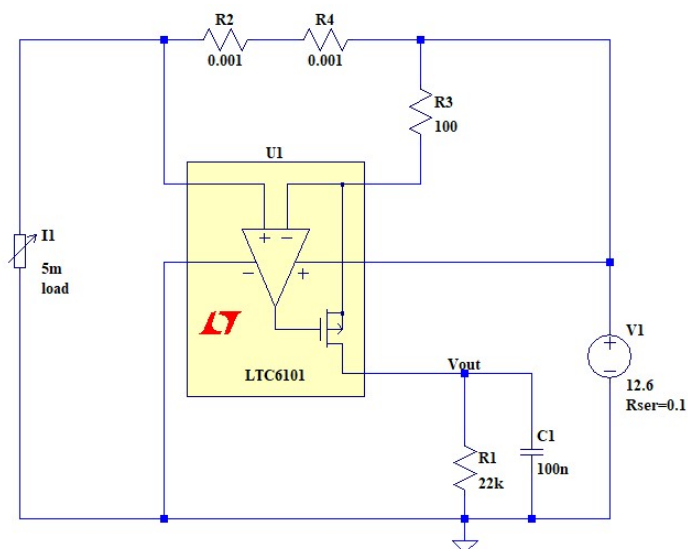
Iekārtas darbības laikā patērētā strāva var ļoti būtiski atšķirties, tāpēc ir nepieciešams ierakstīt barošanas sprieguma un strāvas signālus noteiktā laika intervālā, kas ietver moduļa palaišanas brīdi un tipisko darba režīmu pietiekoši ilgā laika intervālā. Tādēļ nevar lietot multimetra strāvas mērīšanas opciju, bet ir jālieto tā saucamais datu “loggeris”. Signālu ierakstam tika izmantotā daudzfunkcionāla iekārta “Analog Discovery 2” un strāva/spriegums pārveidotāja plate, kuras pamatā ir LTC6101 mikroshēma.

LTC6101 strāvas mērīšanas plates elektriskā shēma:

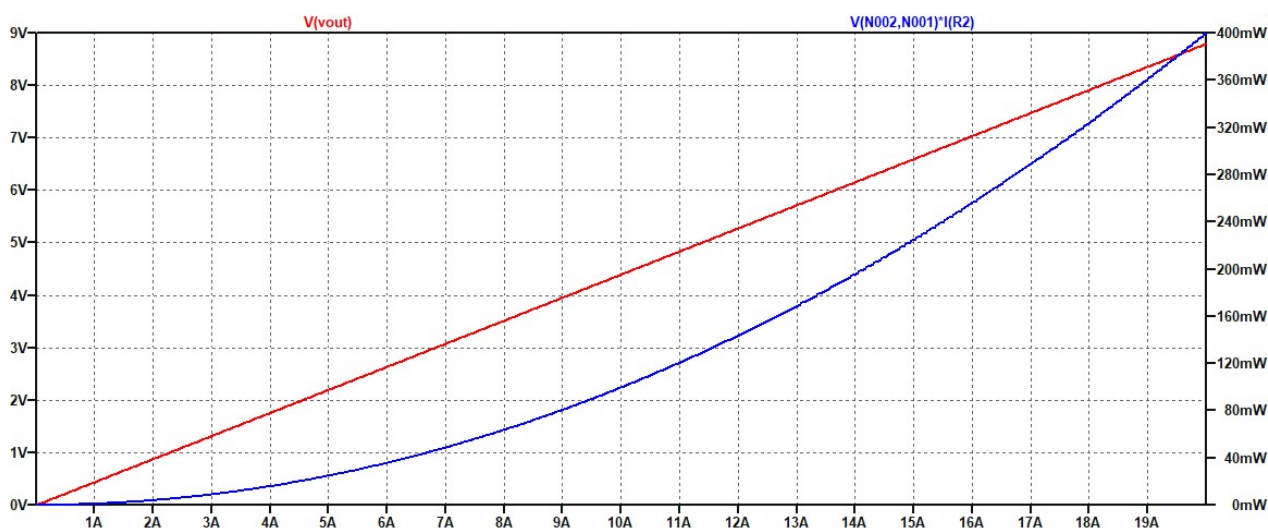
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Teorētiski iegūtais izejas spriegums un jauda, kas izdalās uz mēršanas rezistoriem $R2 = R4 = 0.001 \Omega$:



No grafika ir redzams, ka ir iespējams nomērīt strāvu līdz 20 A nepārsniedzot mērpārveidotāju rezistoru maksimālo pieļaujamo jaudu, kas ir vienāda ar 500 mW.

Komponentu neprecizitātes un plates uzbūves īpatnības noved pie tā, ka praktiskā V_{out} atkarība no caurplūstošas strāvas atšķiras no datormodelēšanas rezultātā iegūtas. Tāpēc ir nepieciešams veikt kalibrēšanas procedūru, kas ļauj noskaidrot precīzu sakarību starp izmērīto spriegumu V_{out} un patērēto strāvu. Kalibrēšanas laikā pie akumulatora tika pieslēgtās dažādu vērtību lieljaudas rezistori un ar INSTEK GDM-8246 multimetru tika nomērītas atbilstošas strāvas. Savukārt ar Analog Discovery 2 tika nomērīts katrai strāvai atbilstošs V_{out} spriegums. Tālāk mērījumu rezultāti tika apstrādāti ar Matlab programmu, kas

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

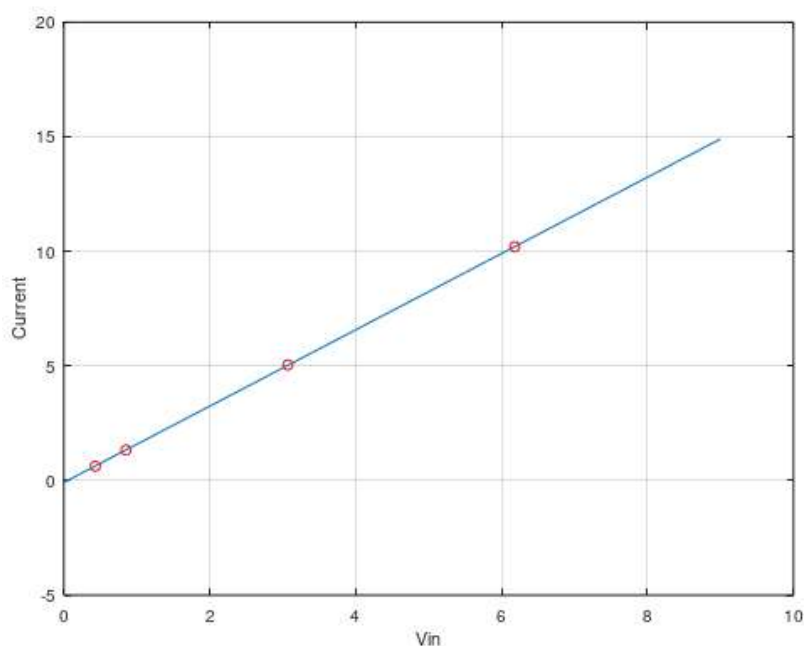
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

piemeklē datiem atbilstošus polinoma koeficientus un ļauj iegūt strāvas aprēķina formulu, ko var izmantot strāvas aprēķinam izveidotajā matemātiskajā kanālā.

Matlab programma mērījumu datu apstrādei un aproksimējoša polinoma koeficientu aprēķinam:

```
% Measurements_data
clear
I_GDM = [0.628 1.33 5.043 10.2]; % A measured with GDM-8246 multimeter
V_cmc = [0.431 0.851 3.07 6.18]; % V data from current meas circuit
Coeff = polyfit(V_cmc, I_GDM, 1); % coefficients of approximating polynomial
%Verification of results
V = 0:0.1:2;
Current = polyval(Coeff, V);
figure(1);
plot(V_cmc, I_GDM, "or", V, Current);
grid on;
xlabel("Vin");
ylabel("Current");
```

Pēc programmas izpildes ir iespēja pārliecināties par izvēlēta polinoma un tā koeficientu pareizību:



Rezultātā, lai varētu ar Analog Discovery 2 matemātiskā kanāla palīdzību iegūt strāvas vērtību, matemātiskā kanāla logā nepieciešams ievadīt sekojošu izteiksmi:

$1,6652 \cdot C1 - 0,084213$ (šajā gadījumā pirmo kanālu (C1) ir nepieciešams pieslēgt plates izejai)

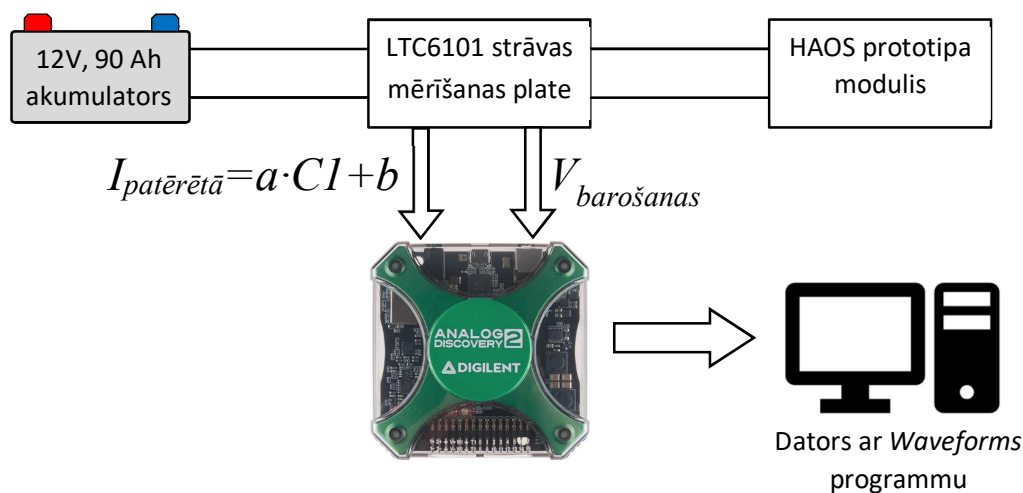
HAOS prototipa moduļu patērētās jaudas mērījumi

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Mērījumu stenda konfigurācija ir parādīta blokshēmā:



Katrām pētāmajam moduļim tiek mērīts ieejas spriegums (akumulatora spriegums) un patērēta strāva. Izmantojot formulu $P = V \cdot I$, kur P ir momentāna jauda, V ir moduļa barošanas spriegums un I ir moduļa strāva, ir iespējams ar Analog Discovery 2 matemātiskā kanāla palīdzību aprēķināt patērēto jaudu.

No iegūtiem datiem ļoti svarīgi 2 parametri: pīķa, jeb maksimālā strāva un vidējā patērēta jauda. Pīķa strāvas vērtība nosaka iekārtas aizsardzības elementu un barošanas ķēžu parametrus, piemēram, drošinātāju strāvu. Savukārt vidējā patērētā jauda nosaka moduļa autonomas darbības laiku.

1. ūdens moduļa energopatēriņa mērījumu rezultāti

Ūdens moduļa komplektācija: vadības plate, paaugstinošais sprieguma pārveidotājs PS-SP12151, audio pastiprinātājs WONDOM AA-AB33184, 1 taures formas skaļrunis un 1 zemūdens skaļrunis.

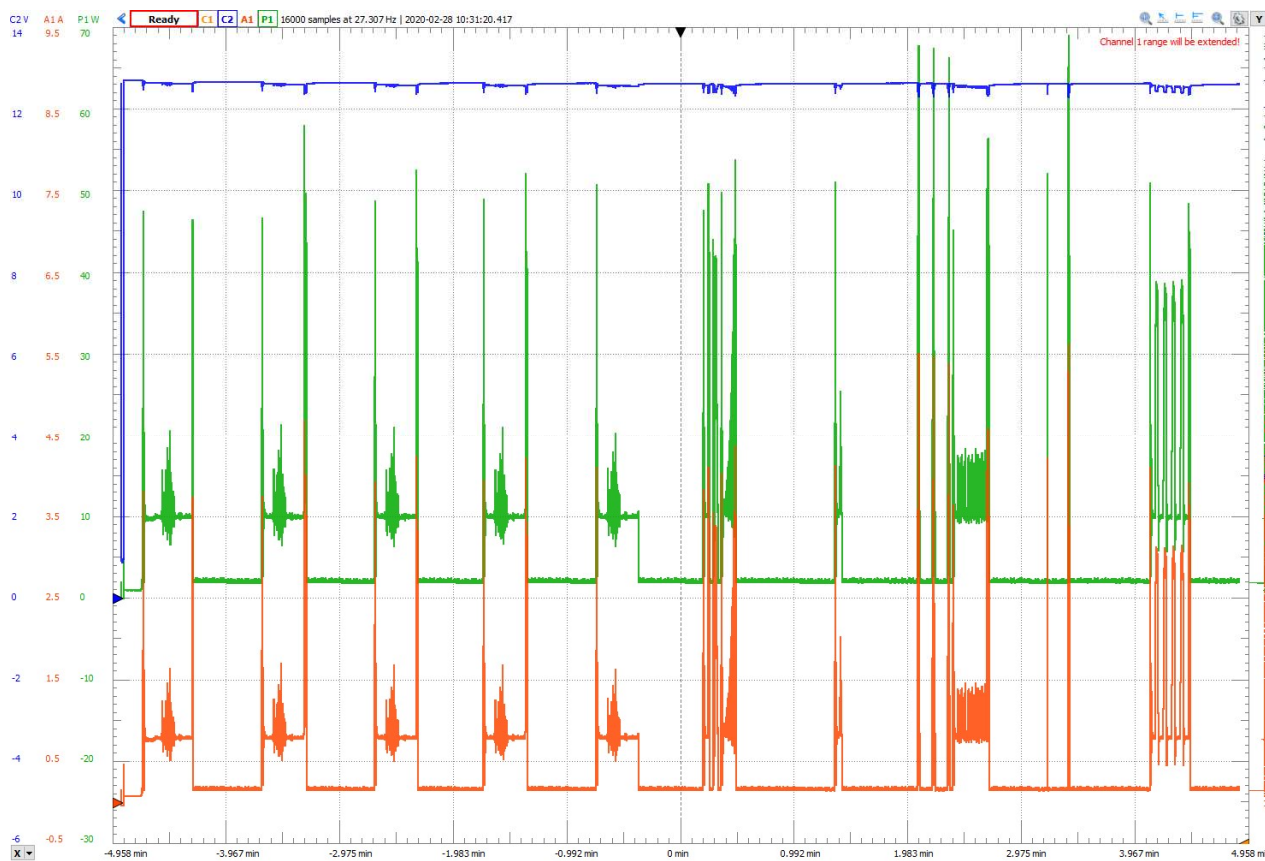
Tika ierakstīti aptuveni 10 min gari patērētās strāvas, akumulatora sprieguma signāli un aprēķināta jauda.

Ierakstīti signāli:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

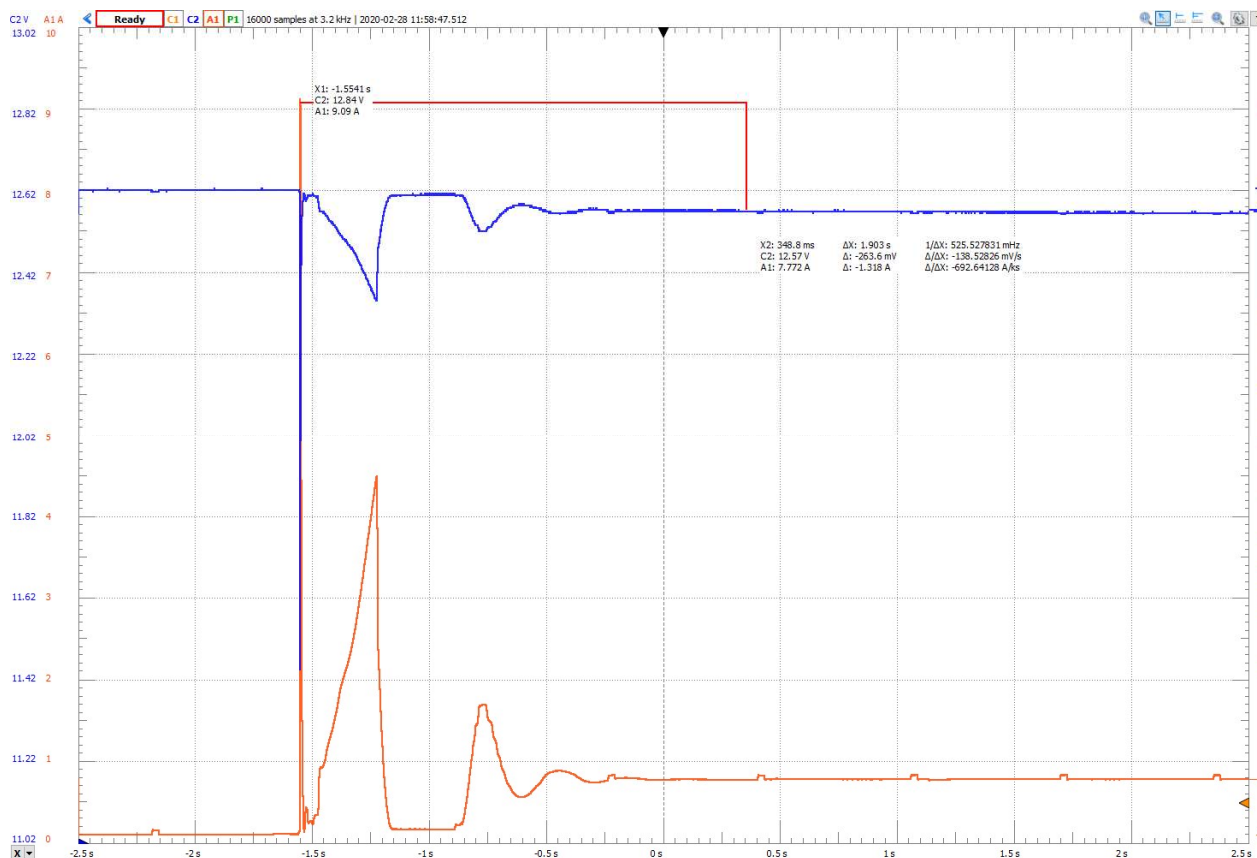


Audio pastiprinātāja ieslēgšanas brīdis:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



No strāvas signāla, kas tika nomērīts paaugstinošā pārveidotāja un audio skaņas pastiprinātāja ieslēgšanas brīdī, var secināt, ka tieši ieslēgšanas momentā veidojas strāvas impulss, kas vairakkārt pārsniedz nominālo strāvu.

Rezultātu apkopojums:

Gaidīšanas režīms: Vidējā patērētā strāvā = 160 mA; vidējā patērētā jauda = 2 W

Atskaņošanas režīms: Pīķa strāva pie pastiprinātāja ieslēgšanas = 9 A;

Vidējā patērētā jauda iekārtas normālas funkcionēšanas laikā ir 5.5 W

2. ūdens moduļa energopatēriņa mērījumu rezultāti

Ūdens moduļa komplektācija: vadības plate, paaugstinošais sprieguma pārveidotājs PS-SP12151, audio pastiprinātājs WONDOM AA-AB33184, 2 taures formas skaļruņi un 1 zemūdens skaļrunis. Salīdzinājumā ar 1. ūdens moduli, šim ir pievienots klāt vēl viens taures formas skaļrunis.

Rezultātu apkopojums:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Gaidīšanas režīms: Vidējā patērētā strāvā = 178 mA; vidējā patērētā jauda = 2.24 W.

Atskaņošanas režīms: Pīķa strāva pie pastiprinātāja ieslēgšanas = 10.23 A.

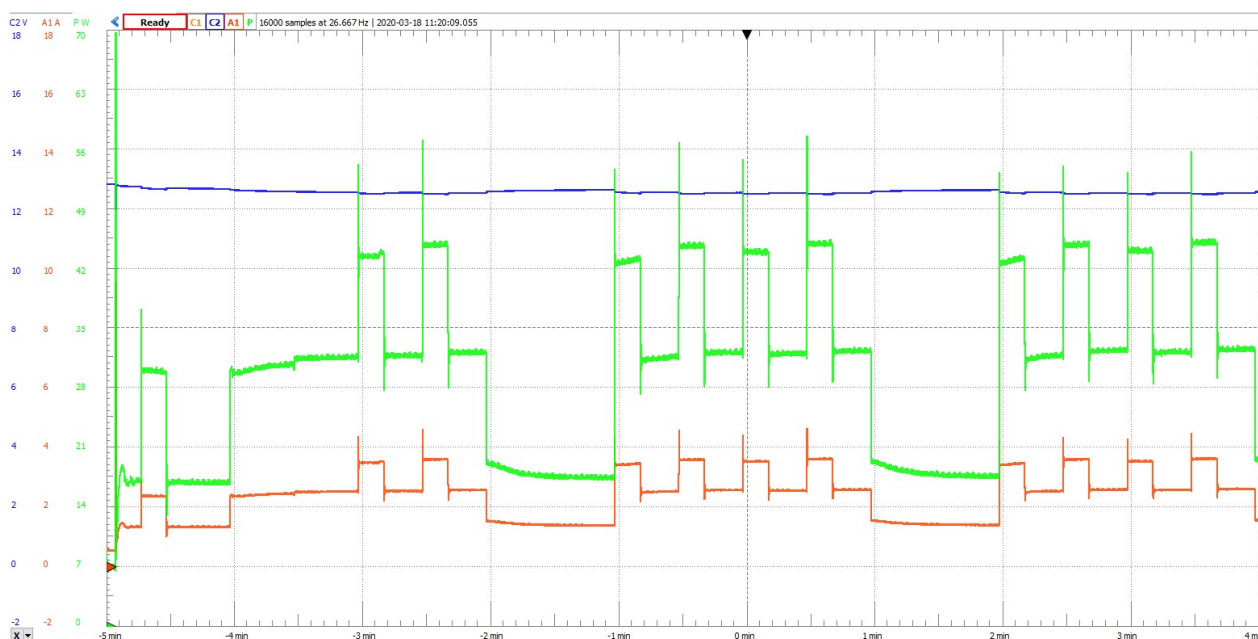
Vidējā patērētā jauda iekārtas normālas funkcionēšanas laikā ir 5.8 W.

Zaļas krāsas lāzers, kas pārvietojas tikai horizontālajā plaknē

Moduļa konfigurācija: vadības plate, sprieguma invertors SINUS 600 (12V DC uz 230 V AC), 12V uz 5 V līdzsprieguma pārveidotājs MEAN WELL SD-25A-5, zaļas krāsas lāzers MGL-H-532nm-500mW, AXIS YP3040 *Pan-Tilt Motor*, AXIS PS-24 *mains adapter*.

Barošanas avots: Victron Energy Gel Deep Cycle Battery 12V90AH.

9 min garš barošanas sprieguma un patērētas strāvas signālu ieraksts:



Rezultātu apkopojums:

Gaidīšanas režīms: vidējā patērētā strāvā = 1.32 A; vidējā patērētā jauda = 16.7 W.

Tikai motora darbība: vidējā patērētā strāvā = 2.4 A; vidējā patērētā jauda = 30 W.

Tikai lāzera darbība: vidējā patērētā strāvā = 2.5 A; vidējā patērētā jauda = 31.5 W.

Lāzers + motors: vidējā patērētā strāvā = 3.6 A; vidējā patērētā jauda = 44.8 W.

Vidējā patērētā jauda iekārtas normālas funkcionēšanas laikā ir 30 W.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

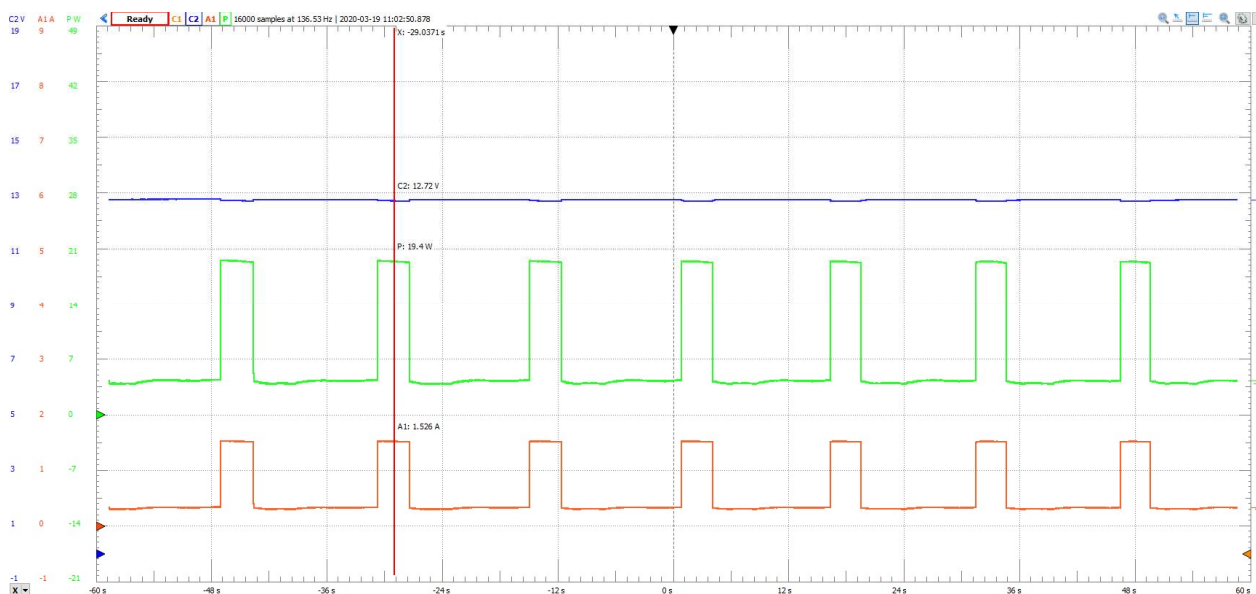
MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Zaļas krāsas lāzers un mazjaudīga stara novirzes sistēma

Moduļa konfigurācija: vadības plate, 12V uz 5 V līdzsprieguma pārveidotājs MEAN WELL SD-25A-5, zaļas krāsas lāzers MGL-H-532nm-500mW, 227:1 25DX56L MM MP 12V elektromotors.

Barošanas avots: Victron Energy Gel Deep Cycle Battery 12V90AH.



Rezultātu apkopojums:

Gaidīšanas režīms: vidējā patērētā strāvā = 160 mA; vidējā patērētā jauda = 2 W.

Tikai motora darbība: vidējā patērētā strāvā = 336 mA; vidējā patērētā jauda = 4.2 W.

Tikai lāzera darbība: vidējā patērētā strāvā = 1.2 A; vidējā patērētā jauda = 14.4 W.

Lāzers + motors: vidējā patērētā strāvā = 1.53 A; vidējā patērētā jauda = 19.4 W.

Vidējā patērētā jauda iekārtas normālas funkcionēšanas laikā ir 7.1 W.

Saules paneļu pētījumi iekārtas autonomas darbības nodrošināšanai.

HAOS prototipa testēšanas gaitā tika pārbaudītas divas ūdens moduļu konfigurācijas, kuras darbojās autonomi un pildīja savas funkcijas visu testu laikā. Iekārtas darbības laikā tika veikti 12 V akumulatora sprieguma mērījumi un dati tika ierakstīti attiecīgajā “log” failā. Sprieguma vērtības tika ierakstītās vienu reizi stundā. Zemāk ir veikts iegūto rezultātu apkopojums un analīze.

1. ūdens moduļa testu dati

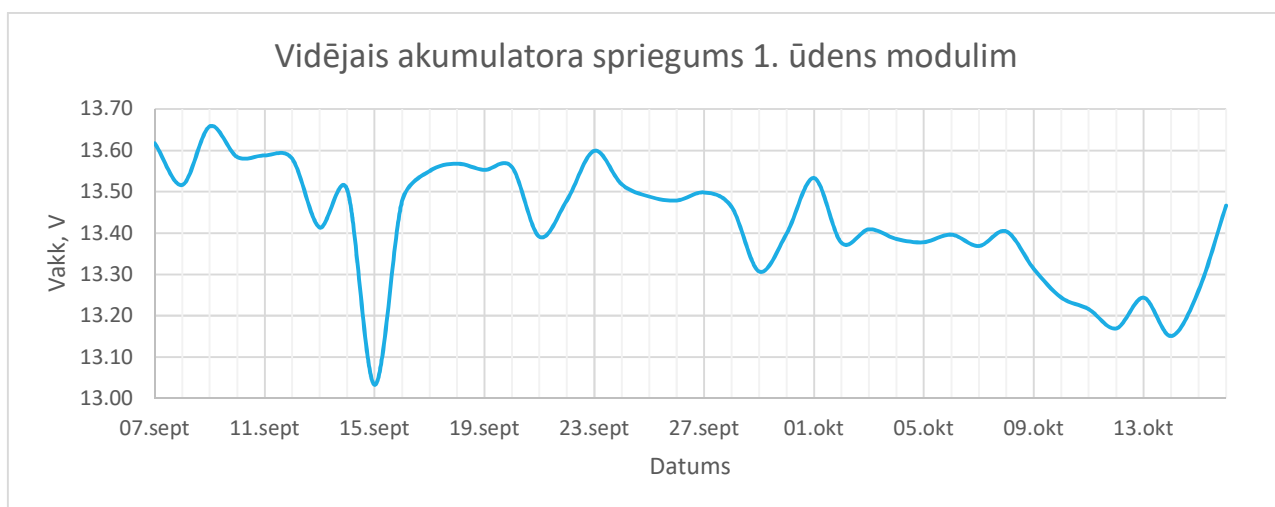
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Ūdens moduļa komplektācija: vadības plate, paaugstinošais sprieguma pārveidotājs, audio pastiprinātājs, 1 taures formas skaļrunis un 1 zemūdens skaļrunis, virknē slēgti 2x50 W 12 V (SPP030501200) polikristaliskie saules paneļi, 1x Victron Energy Gel Deep Cycle Battery 12V90AH, Blue Solar MPPT 75/10 kontrolieris.

Testēšanas periods no 07.09.2019 – 17.10.2019. Atrāšanas vieta: Gaičēnu dīķis, kas atrodas Stalbes pagastā netālu no Daibes.



Apskatot 1. ūdens moduļa diennakts vidējo akumulatora spriegumu var izdarīt dažus secinājumus:

1. Vidējais spriegums nav zemāks par 13 V, kas nozīmē ka saules paneļi piegādā pietiekošu lielu strāvu akumulatoru uzlādei arī rudens laikā, kad putni vēl nav aizlidojuši.
2. Sprieguma vērtība nedaudz samazinās, samazinoties dienas garumam.
3. Nelielas sprieguma izmaiņas ir saistītas ar atšķirīgu saules starojuma intensitāti atsevišķās dienās.

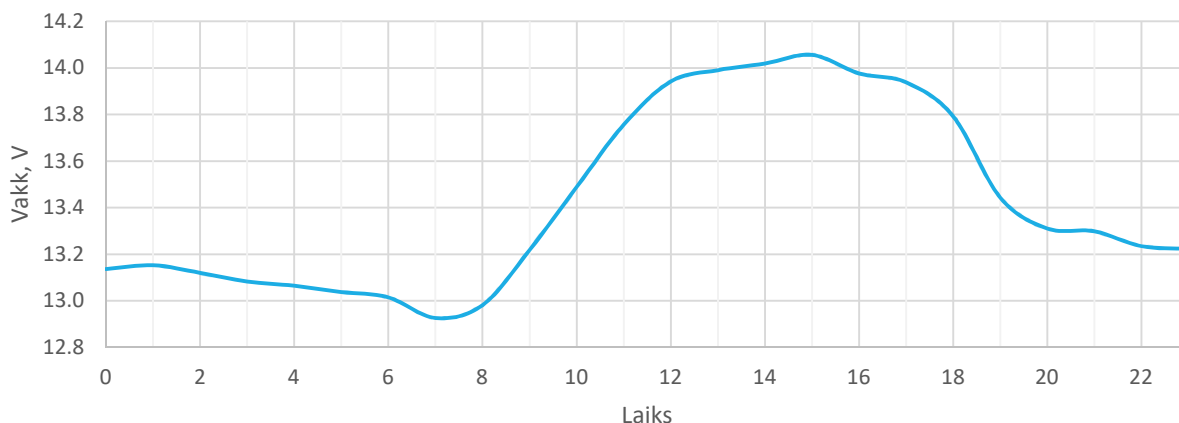
Aprēķinot vidējo vērtību katrā stundā uzņemtam spriegumam pa visu testa periodu, tika iegūts sekojošais grafiks:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Diennakts laikā uzņemtais akumulatora spriegums. Vidējots pa visu testa periodu.



No grafika var redzēt, ka akumulatora izlādē notiek no plkst. 17.00 līdz nākamās dienas 8.00 Bet no 8.00 līdz aptuveni 15.00 notiek akumulatora uzlāde. Eksperimenti parādīja, ka ar uzkrāto enerģiju pilnīgi pietiek lai nodrošinātu ūdens moduļa autonomo darbību, līdz ar nav nepieciešamības taisīt saules paneļu orientēšanas sistēmu. Šāda sistēma būtiski sadārdzinās HAOS sistēmu un arī padarīs to ievērojami komplicētāku, kas var negatīvi ietekmēt ekspluatācijas laiku un prasīt noteiktus apkopes darbus (piemēram, eļļošanu, tīrīšanu).

Jāņem vērā, ka vasaras mēnešos saules starojums ir intensīvāks, ka arī diena ir garāka. Līdz ar to dotā konfigurācija spēs nodrošināt lielākas jaudas moduļa darbību.

Minimālais akumulatora spriegums, kas tika fiksēts testu laikā ir 12.41 V.

2. ūdens moduļa testa dati

Ūdens moduļa komplektācija: vadības plate, paaugstinošais sprieguma pārveidotājs, audio pastiprinātājs, 1 taures formas skaļrunis un 1 zemūdens skaļrunis, 1x100 W 12 V (SPP031001200) polikristaliskais saules panelis, 2x Victron Energy Gel Deep Cycle Battery 12V90AH, Blue Solar MPPT 75/10 kontrolieris.

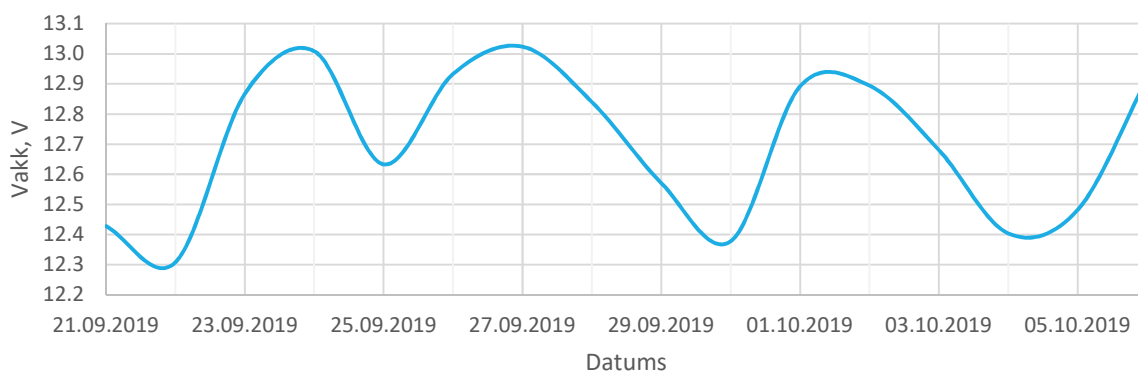
Testēšanas periods no 21.09.2019 – 06.10.2019. Atrāšanas vieta: Sēlijā pie Sunākstes akvakultūras dzīvnieku audzēšanas uzņēmuma SIA “W4” Šķiņu purva dīķī.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

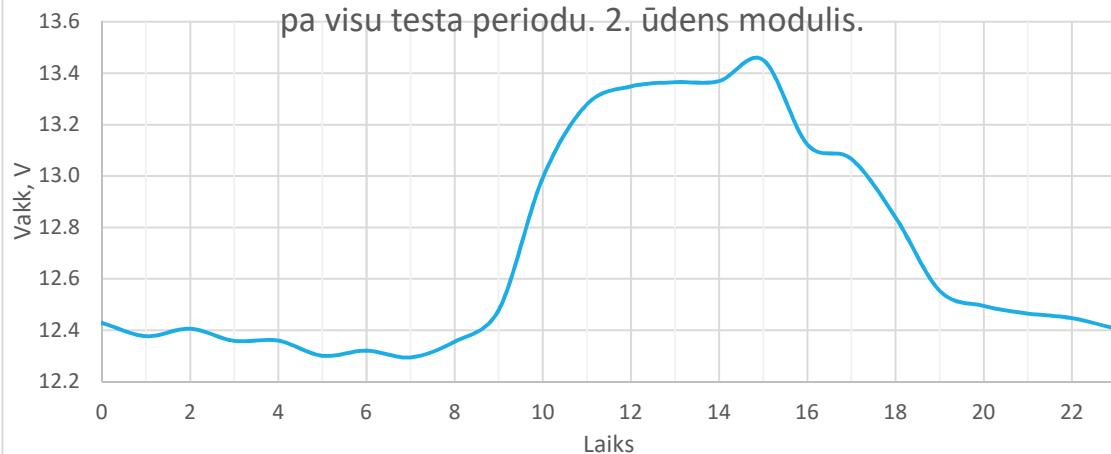
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Vidējais akumulatora spriegums 2. ūdens moduļim



No grafika var redzēt, ka vidējais spriegums (vidējots diennakts laikā) nekrīt zemāk par 12.3 V un nepārsniedz 13 V. Tas nozīmē, ka ar vienu 100 W paneli pietiek lai nodrošinātu moduļa autonomu darbību. Akumulatori netiek dziļi izlādēti, kas būtiski pagarina to kalpošanas laiku. Šajā konfigurācijā varēja lietot arī vienu akumulatoru – tas ļautu samazināt plosa svaru un nelietot papildus kasti akumulatoram.

Diennakts laikā uzņemtais akumulatora spriegums. Vidējots pa visu testa periodu. 2. ūdens modulis.

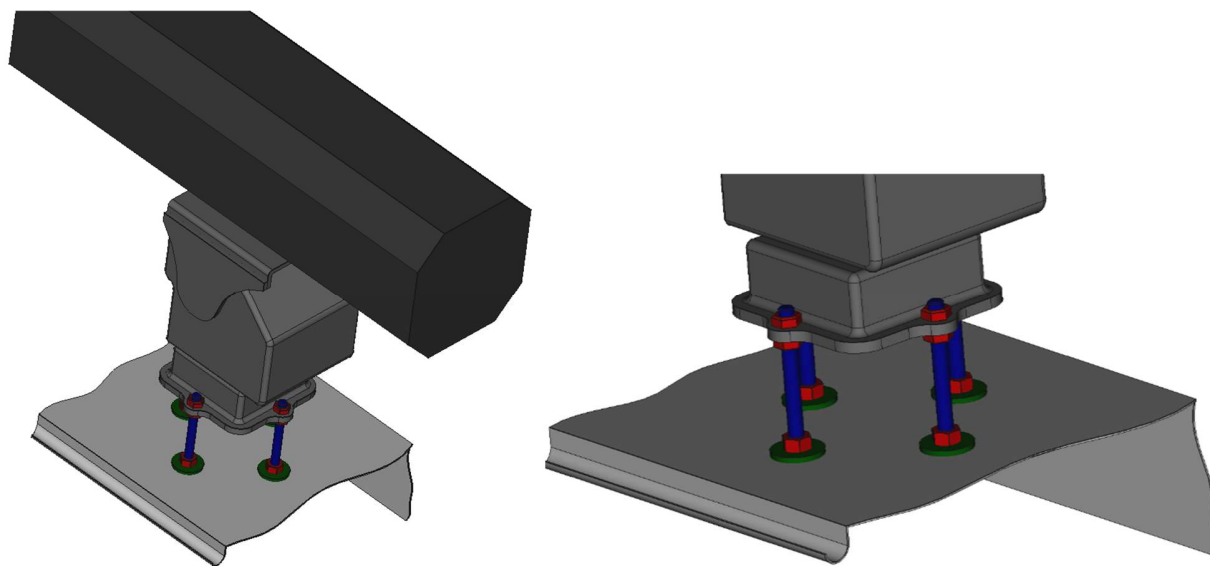


Akumulatora sprieguma līkne, kas uzņemtā diennakts laikā ir līdzīga 1. ūdens moduļa līknei. Svarīgākais, ka septembrī un oktobrī Latvijas teritorijā akumulatoru uzlāde notiek aptuveni no 8.00 līdz 15.00. Pārējo laiku iekārtas funkcionēšanu nodrošina akumulators.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

3.2. AP3.3.2 HAOS optimizēts prototips**1. Eksistējošas sistēmas**

Lāzeri uz korpusa ir nepieciešams piestiprināt izmantojot garas (ap 100mm) M10 skrūves. Tas, no vienas puses, ļauj lāzera korpusam brīvi pārvietoties vertikālā plaknē, no otras – 2-3° robežās regulēt lāzera orientēšanas ierīces horizontālu plakni.



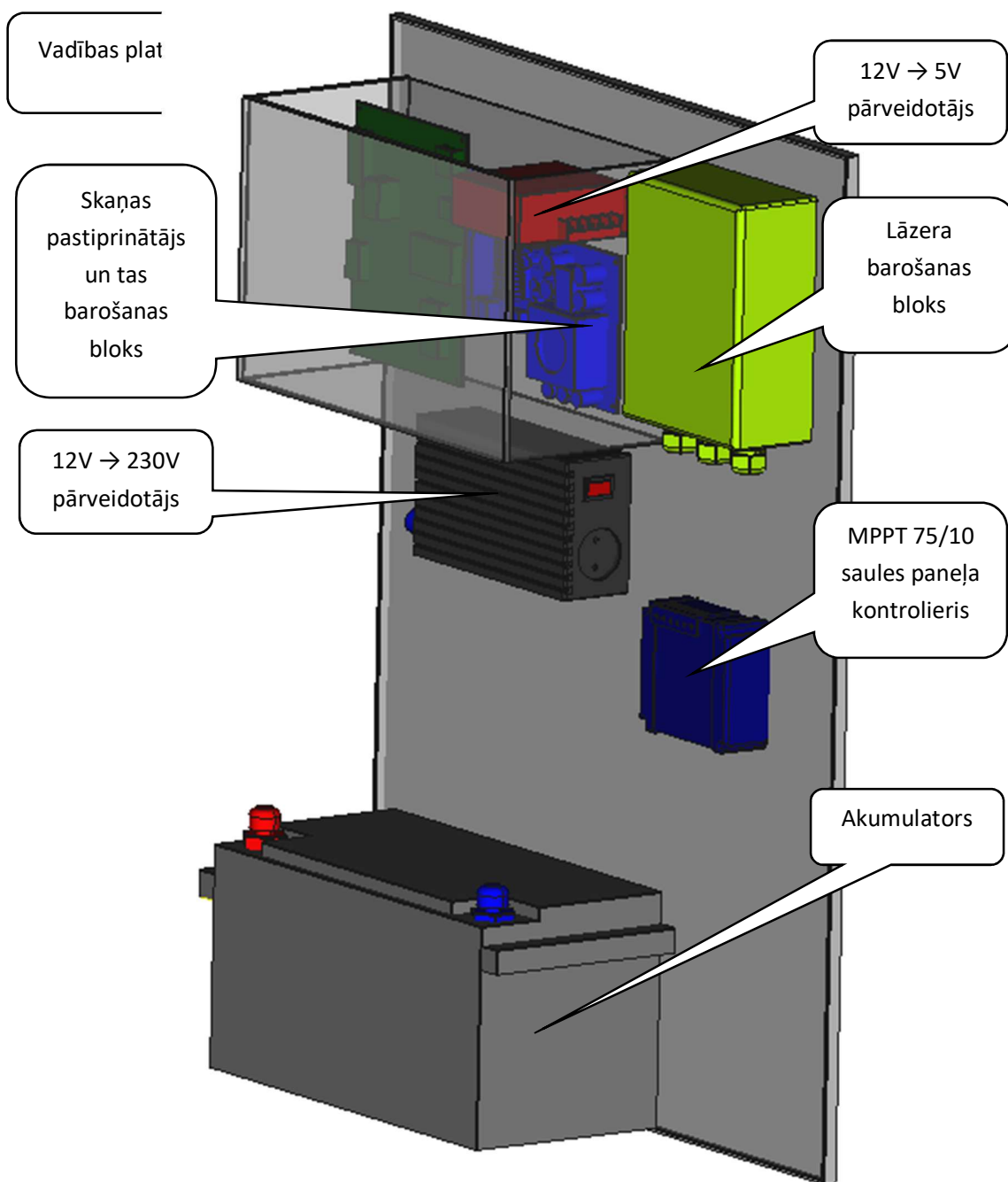
Piestiprināšanas shēma tika parādīta pielikumā 3. Nepieciešamie izmēri ir doti YP3040 izmantošanas gadījumam.

Visa elektronika tika samontēta metāliskā skapī. Biji izmēģināti divi varianti – ar akumulatora un apgaismojama tīkla 230V barošanu. Pirmā gadījumā aparātūras liela daļa ir samontēta hermētiskās kastēs. Parejas ir nepieciešams samontēt atsevišķā korpusā. Attēlā ir parādīta konfigurācija vienam lāzeram un skaļrunim.

230V barošanas gadījumā ir vērts pasargāt visu elektroniku ar kopēju caurspīdīgo plastmasas plāksni. Attēlā ir parādīta konfigurācija diviem lāzeriem.

MAY 29, 2020

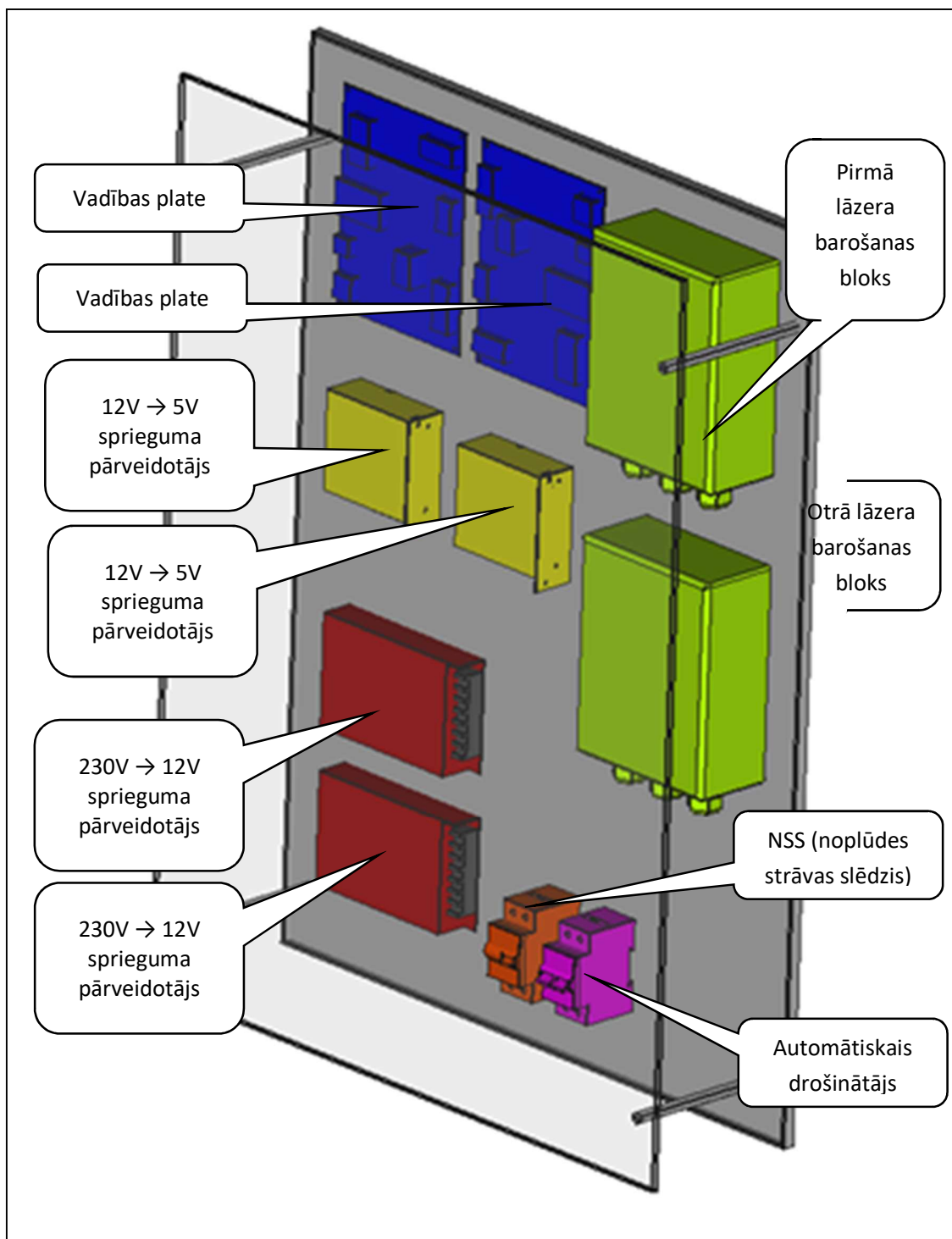
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



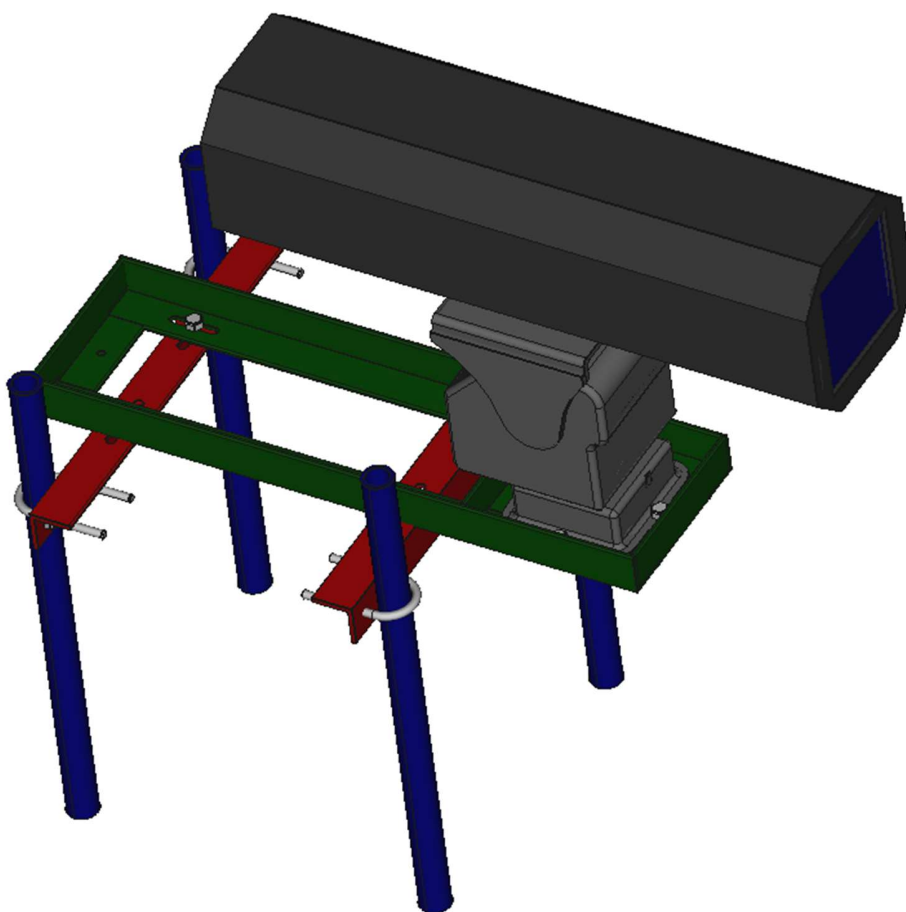
Protams, ir iespējama arī cita moduļu kombinācija.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

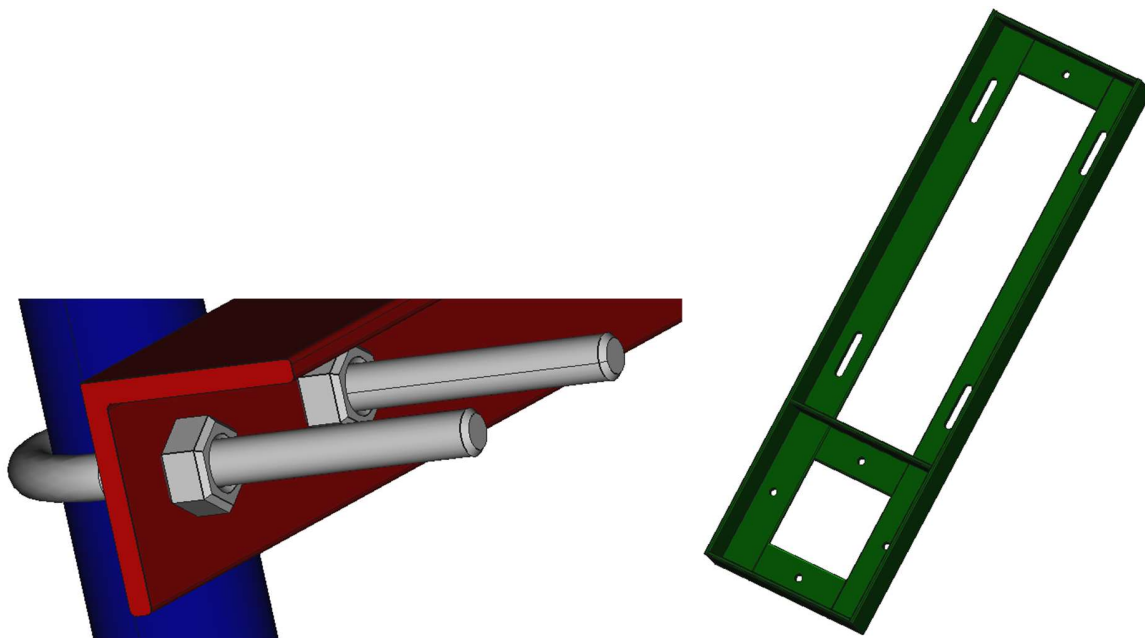
Viens no variantiem bija novietot lāzeri maksimāli zemi virs ūdens. Tādā gadījumā ierīci vajag pārvietot tikai horizontālā plaknē. Virsūdens lāzera platformas konstrukcija ir diezgan vienkārša. Stabilitāti nodrošina četras metāliskās caurules, kuras ir nepieciešams iesist dibenā. U-veida stiprinātāji tika paņemti standarti. Pārējos elementus var izveidot brīvā stilā (finieris, koks, metāls). Zemāk attēlā ir parādīts metāliskais variants. Rāmja elementus (attēlā tika atzīmēti ar zaļo krāsu) ērti savienot ar metināšanu. Pielikumā 5 ir parādīti konstrukcijas elementu rasējumi.



DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



2. Modernizācija

Lāzera un optiskās sistēmas BEW-10x izmantošana parādīja nopietnu problēmu - dotas sistēmas gabarīti pieprasa lielāku korpusu. Atrastais korpuss (kopā ar iekšējo aizpildījumu) sver aptuveni 5kg, kas rāda pārāk lielo slodzi orientēšanas sistēmai YP3040. Eksperimentu gaitā tika sadedzināts vertikālas griešanas kontūrs. Otrā problēma - liels elektroenerģijas patēriņš, kas var būt kritisks akumulatora barošanas gadījumā.

Problēmas risināšanai tika izvirzīts piedāvājums nofiksēt lāzera-optikas sistēmu, bet staru novirzīt izmantojot vieglu spoguļi. Spoguļa griešanai var izmantot firmas DYNAMIXEL servopiedzini AX-12.



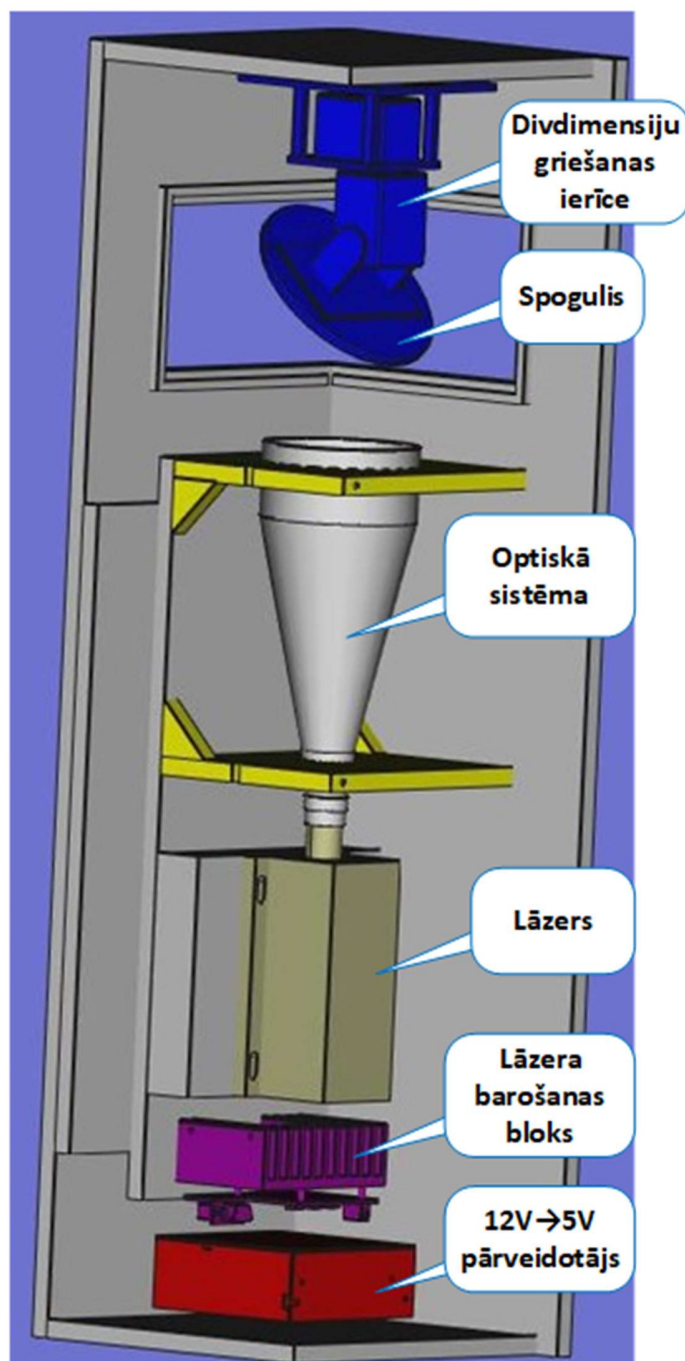
Darba spriegums	12V
Griešanas moments	15,3kg•cm
Tukšgaita ātrums	59rpm
Izšķirtspēja	0,29°
Maksimālā strāva	900mA
Darba temperatūra	-5°C -- 70°C
Datu protokols	TTL Half Duplex Async Serial

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Kopumā, konstrukcijas koncepcija ir parādīta attēlā. Izpildes variants tika orientēts uz plākšņu materiālu (plastmasa, finieris) izmantošanu.



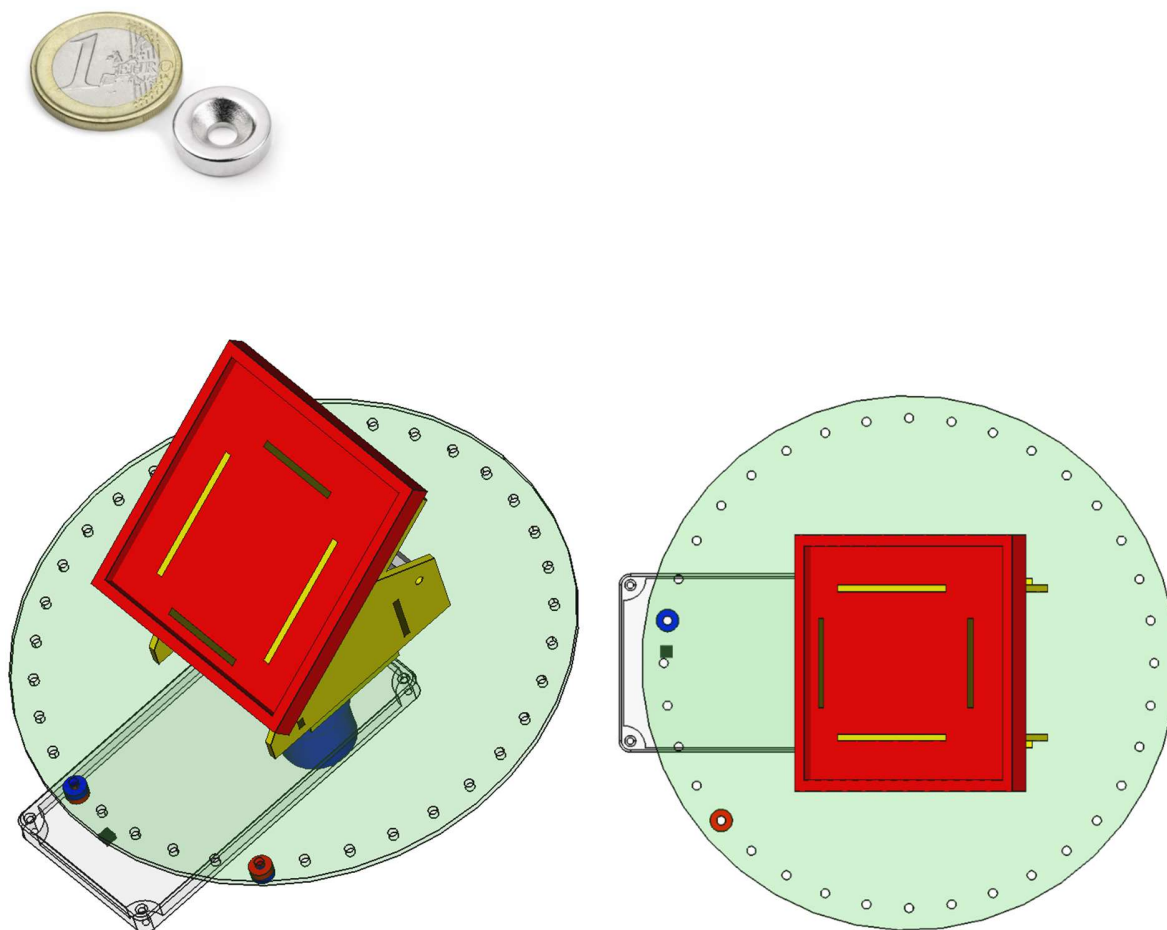
Konstrukcijas elementu detalizāciju var redzēt pielikumā 4.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Vēl optimālāk izskatās konstrukcija virsūdens lāzeram. Tur nav vajadzīgs dārgs servopiedzinis, bet var izmantot samēram lētu līdzsprieguma dzinēju ar reduktoru. Eksperimenti parādīja, ka labāku rezultāti dos dzinējs ar ātrumu apmēram 1gr./min. Lai lāzers strādātu tikai nepieciešamā sektorā (tajā skaitā enerģijas ekonomēšanai) tika izveidota vadības shēma. Tā pamatā ir magnētiskā lauka devējs ar Holla efektu, kas kopā ar dzinēju atrodas hermētiska kastē. Kopā ar spoguļi rotē arī speciālais disks, pie kuras tika piestiprināti divi magnēti. Ka devējs ir izmantota mikroschēma SS411A. Tā ir bipolāra ierīce ar ciparu izeju. Tas nozīmē, ka viena magnētiskā laika polaritāte pārslēdz izeju uz loģisko vieninieku, bet pretēja uz loģisko nulli. Kā magnētu ir labāk izmantot formu kuru ir iespējams piestiprināt pie diska gan vienā polaritāti, gan otrā.

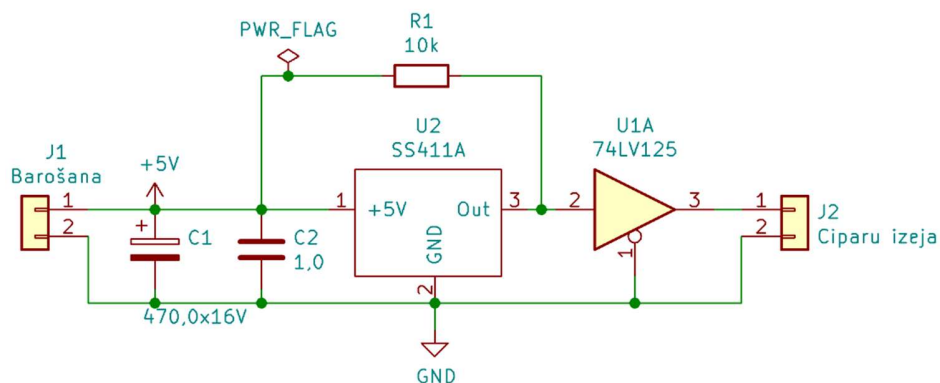


Elektroniskā vadības sistēma konstruktīvi tika sadalīta divās platēs.

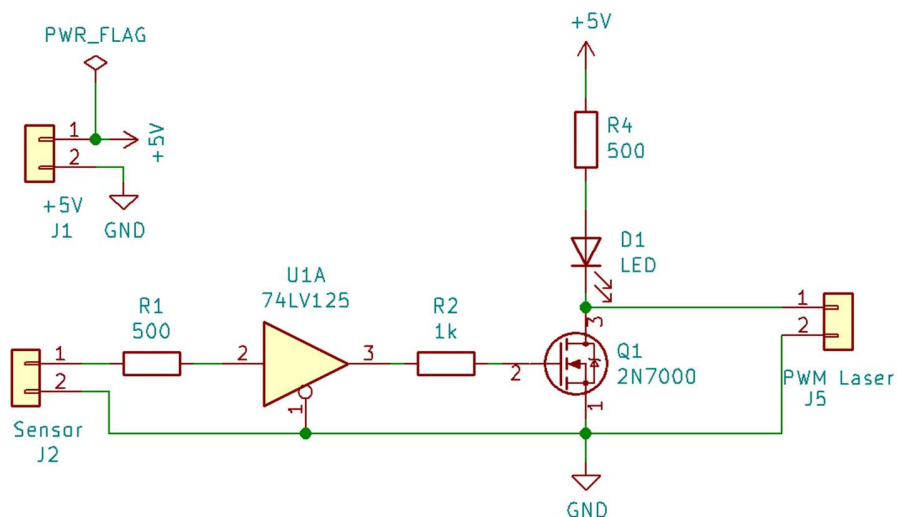
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Viena tieši apkalpo sensoru - nodrošina kvalitatīvu barošana (C1 un C2) un salāgo sensoru ar kabeli (U1).

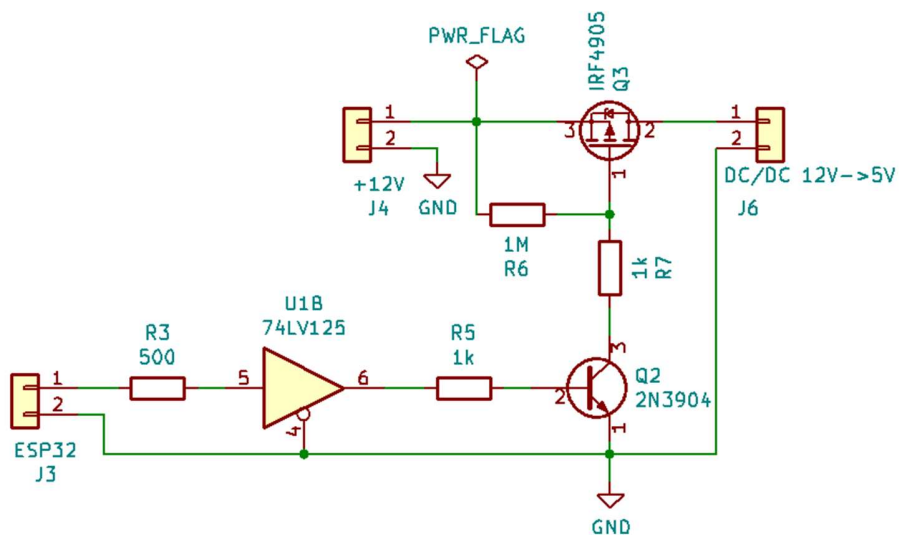


Citā platē tika izveidoti divas tranzistoru atslēgas. Pirmā (Q1) maina lāzera spilgtumu (ieslēgts/izslēgts).

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Otrā (Q2 un Q3) ļauj izslēgt sistēmas barošanu starp darbības cikliem. Abos gadījumos mikroshēma U1 izpilda buferizācijas funkciju.

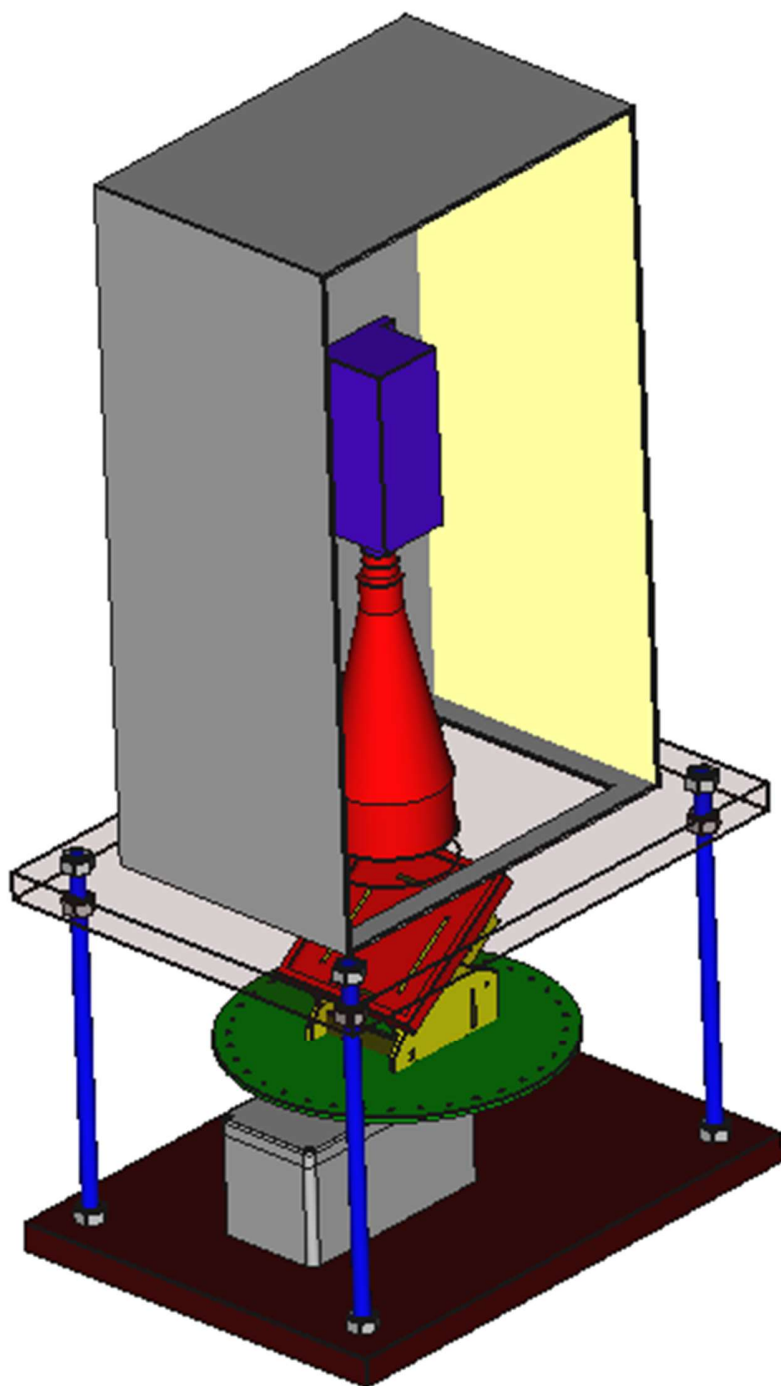
Sīkāk principiālas shēmas, plašu topoloģijas un 3D attēlus var apskatīt pielikumā 6.

Kopēja konstrukcija ir parādīta zemāk.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

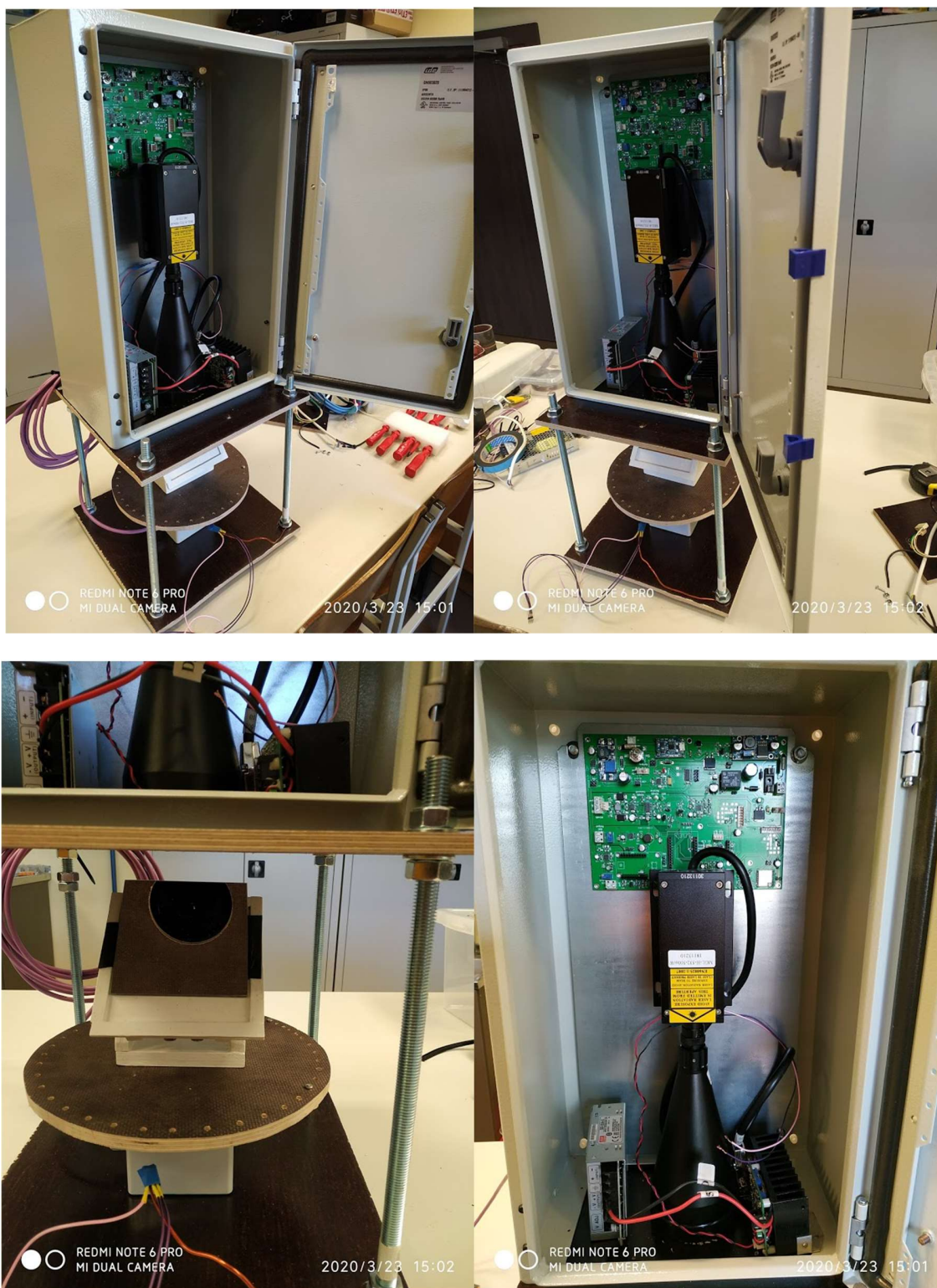
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

MAY 29, 2020

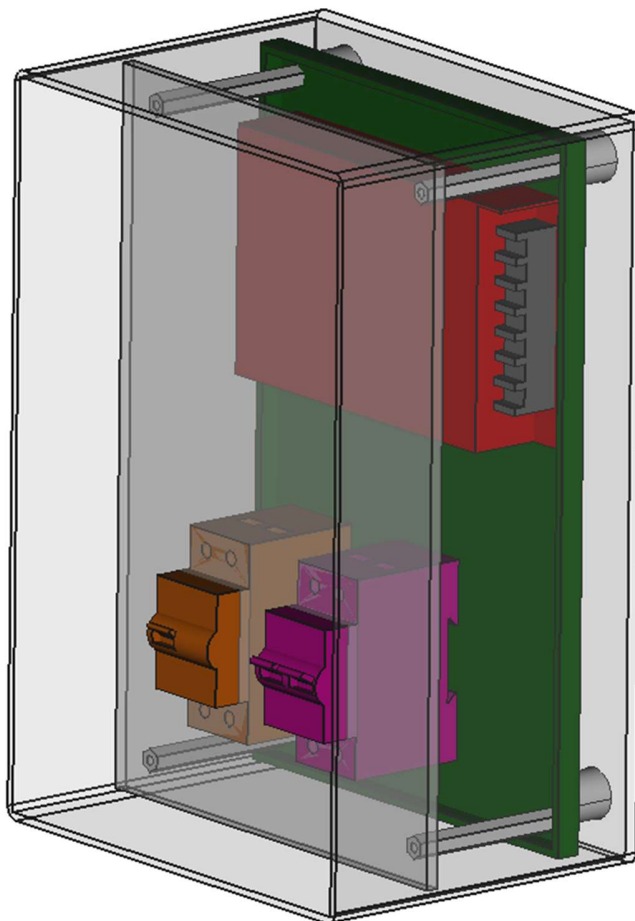


DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Ir nepieciešams atzīmēt, ka drošības dēļ pārveidotāju 230V->12V ir nepieciešams samontēt, kopā ar automātisko drošinātāju un noplūdes strāvas slēdzi, atsevišķā kastē, kas ir izvietots uz krasta.



Spoguļa griešanas ierīces elementu rasējumi ir parādīti pielikumā 7.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

3.3. Komunikācijas moduļa uzlabojumi

3.3.1. Kopsavilkums

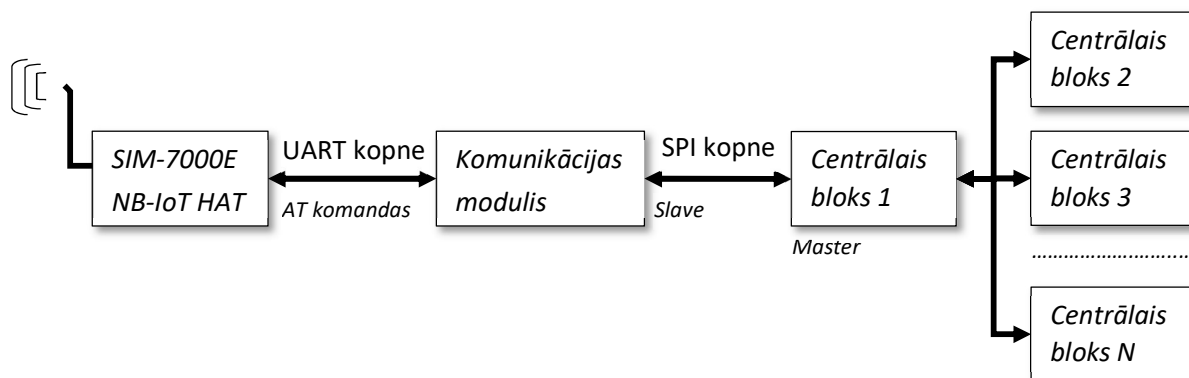
Turpmākie uzlabojumi komunikācijas modulim ir vērsti uz attālinātu datu ieguvu un ierīces sistēmu vadību.

Komunikācijas modulim tika veikti uzlabojumi šādās jomās:

1. Papildinātas ziņas starp komunikācijas moduli un centrālo bloku uz universālāku formātu (atpazīst pakas, pārbauda kontroles summas). Ieviestas jaunu komunikācijas moduļa pārraidāmo ziņu formāts saziņā ar serveri (SS – SPI Send to Server un SR – SPI Receive from Server).
2. komunikācijas modulim var pieslēgt vairākus centrālos blokus (ierīces), kuras varēs vadīt ar web servera starpniecību, katru identificē ar unit numuru. Tas ir izdarīts ar nolūku, lai viens komunikācijas modulis varētu vadīt vairākas atbaidīšanas ierīces (vairāki lāzeri un sauszemes/ūdens skaļruņi).
3. Izveidota ierīces vadības lapa, kurā ir iespējams uzzināt HAOS sistēmu sarakstu, sastāvdaļas (Units), parametrus, kā arī veikt to izmaiņas.
4. Izveidota komunikācijas moduļa PCB plate ar virsmas montāžas elementiem, kas ievērojami atvieglo komponentu lodēšanu.

3.3.2. Ievads

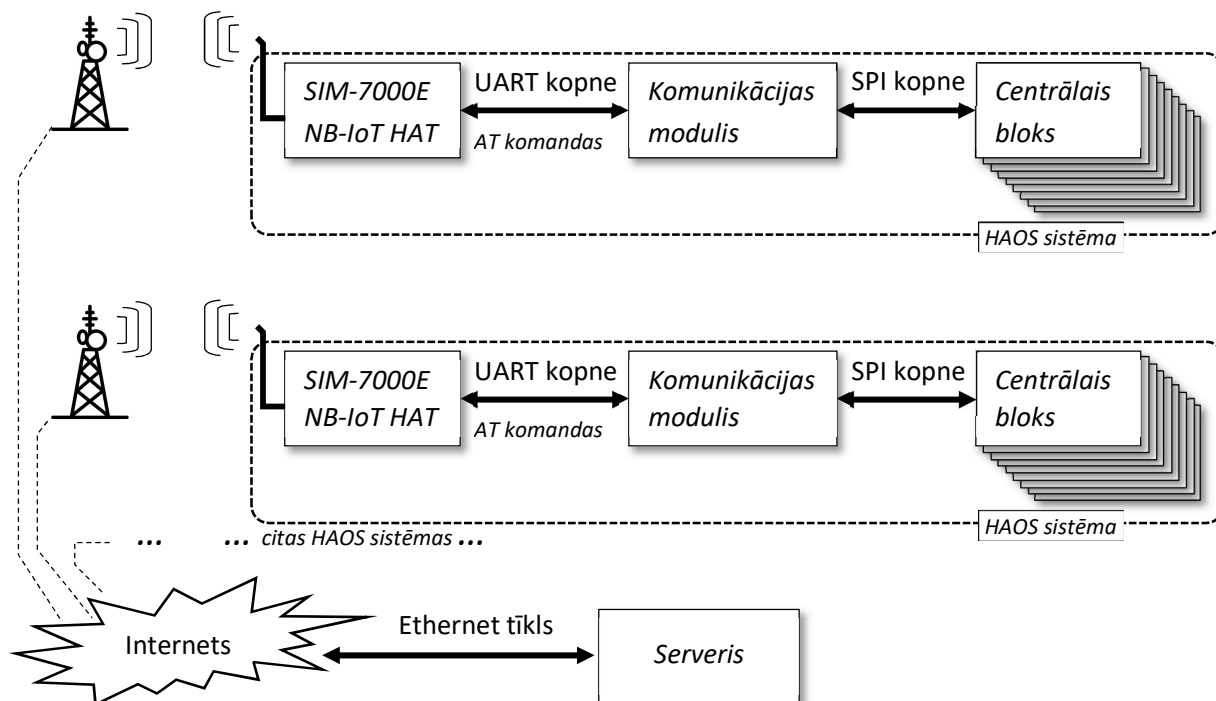
Putnu atbaidīšanas sistēmas neierobežojas ar tikai vienu atbaidīšanas ierīci. Piemēram, lielas platības dīķiem varētu rasties nepieciešamība pēc vairākiem lāzeriem vai skaļruņiem. Kā viens no papildinājumiem ir vairāku centrālo bloku (ierīču) izmantošana vienā HAOS sistēmā.



Attēls 3.1. vienas HAOS sistēmas arhitektūra ar jauninājumiem (kur komunikāciju modulim var pievienot vairākus centrālos blokus)

Katrs centrālais bloks var vadīt vienu lāzeru, vienu sauszemes skaļruņi un vienu ūdens skaļruņi. Visu reģistrēto HAOS sistēmu vadību veic viens centralizētais serveris.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.



Attēls 3.2. HAOS sistēmu kopēja arhitektūra, ieskaitot vadības serveri

Komunikācijas modulis ar 4G moduļa SIM-7000E palīdzību sazinās ar serveri un apmainās ar ziņām:

- apmēram reizi stundā serverim tiek nosūtīta “heartbeat” ziņa, tādā veidā informējot serveri par to ka komunikācijas modulis ir sasniedzams un funkcionē;
- saņemot datus no centrālajiem blokiem (HAOS sistēmas statuss un parametri) notiek papildus ziņu apmaiņa ar serveri.

Svarīgi ir tas, ka savienojumu vienmēr atver komunikācijas modulis (dēļ 4G tīkla īpašībām). Tāpēc serveris savus pieprasījumus (piemēram, ierīces vadība vai parametru izmaiņas) var nosūtīt tikai kopā ar atbildēm uz kādām citām komunikācijas moduļa ziņām. Tas veido aizturi starp pieprasījumu servera pusē un tā izpildījumu HAOS sistēmas pusē un ir svarīgi vadības web-lapas arhitektūras izvēlei.

Kā viens no veiktajiem uzlabojumiem ir programmatūras modificēšana, kas ļauj attālināti, pieslēdzoties pie servera web lapas, iegūt HAOS ierīču un centrālo bloku parametrus un attālināti tos vadīt. Lai to nodrošinātu, tika veikti papildinājumi, kas ir aprakstīti nākošajās apakšnodaļās.

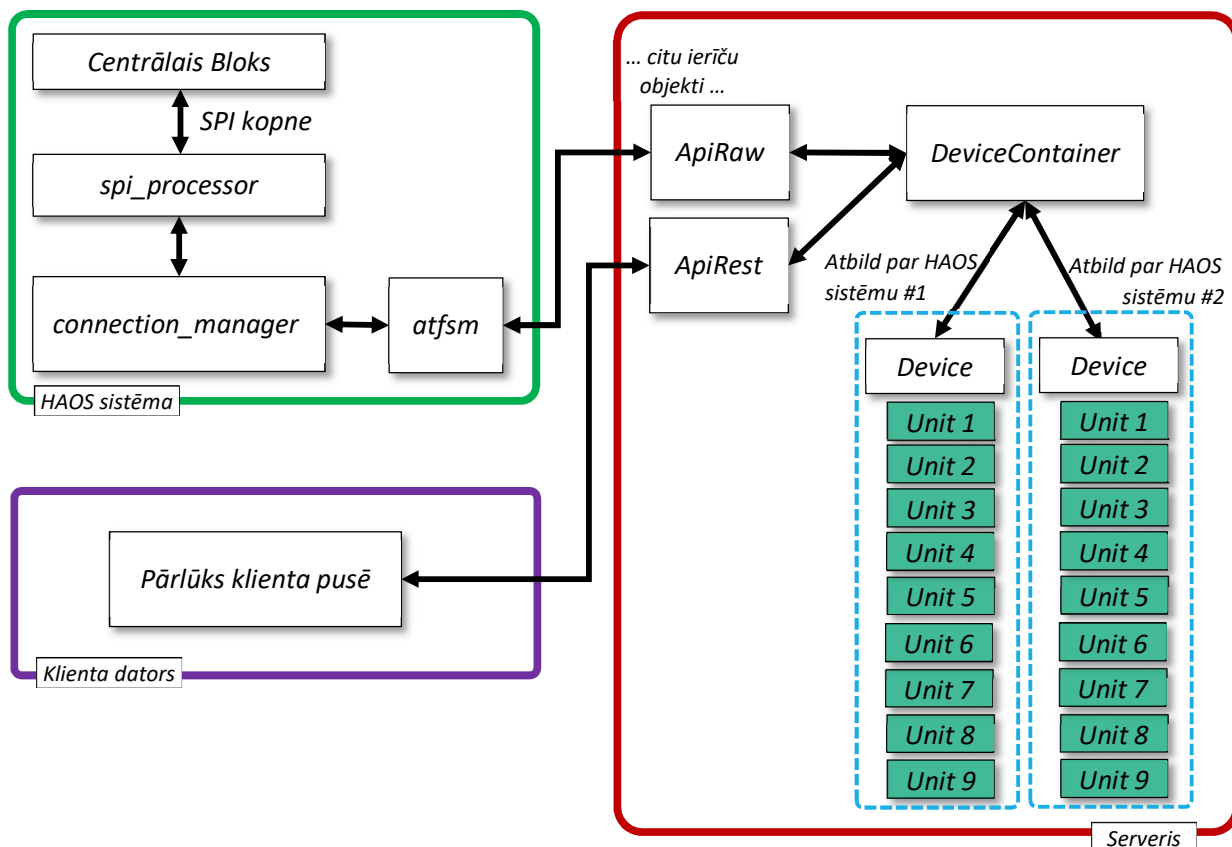
Jāpiebilst arī ka tika papildināts veids kā serveris atpazīst ar kuru ierīci sazinās un kurš centrālais bloks tiek pieminēts saņemtajos datos. Tā, piemēram, katram komunikācijas moduļim tiek piešķirts unikāls identifikators (id_token, 8 baitu virkne), kas ļauj serverim atšķirt no kuras HAOS sistēmas atnāk pieprasījums.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

Servera komunikācijas ziņu formātā ir atvēlēts lauks id_token vērtībai. Savukārt, centrālo bloku identificē vesels skaitlis (intervālā 1..9), kuru serverim nosūta / no servera saņem SPI pakas derīgajos datos.

3.3.3. Papildinājumi servera programmatūras pusē

Minētas funkcionalitātes nodrošināšanai servera pusē ir veiktas sekojošas izmaiņas: izveidota jauna klase Unit, kuras objekti apstrādā centrālo bloku pieprasījumus.



Attēls 3.3. papildināta sistēmas programmatūras komponentu arhitektūra

Tagad Device objektu uzdevums ir saņemt pieprasījumus, atšifrēt pret kuru no centrālajiem blokiem (Unit) šie pieprasījumi attiecas un pārdresēt tālākai apstrādei.

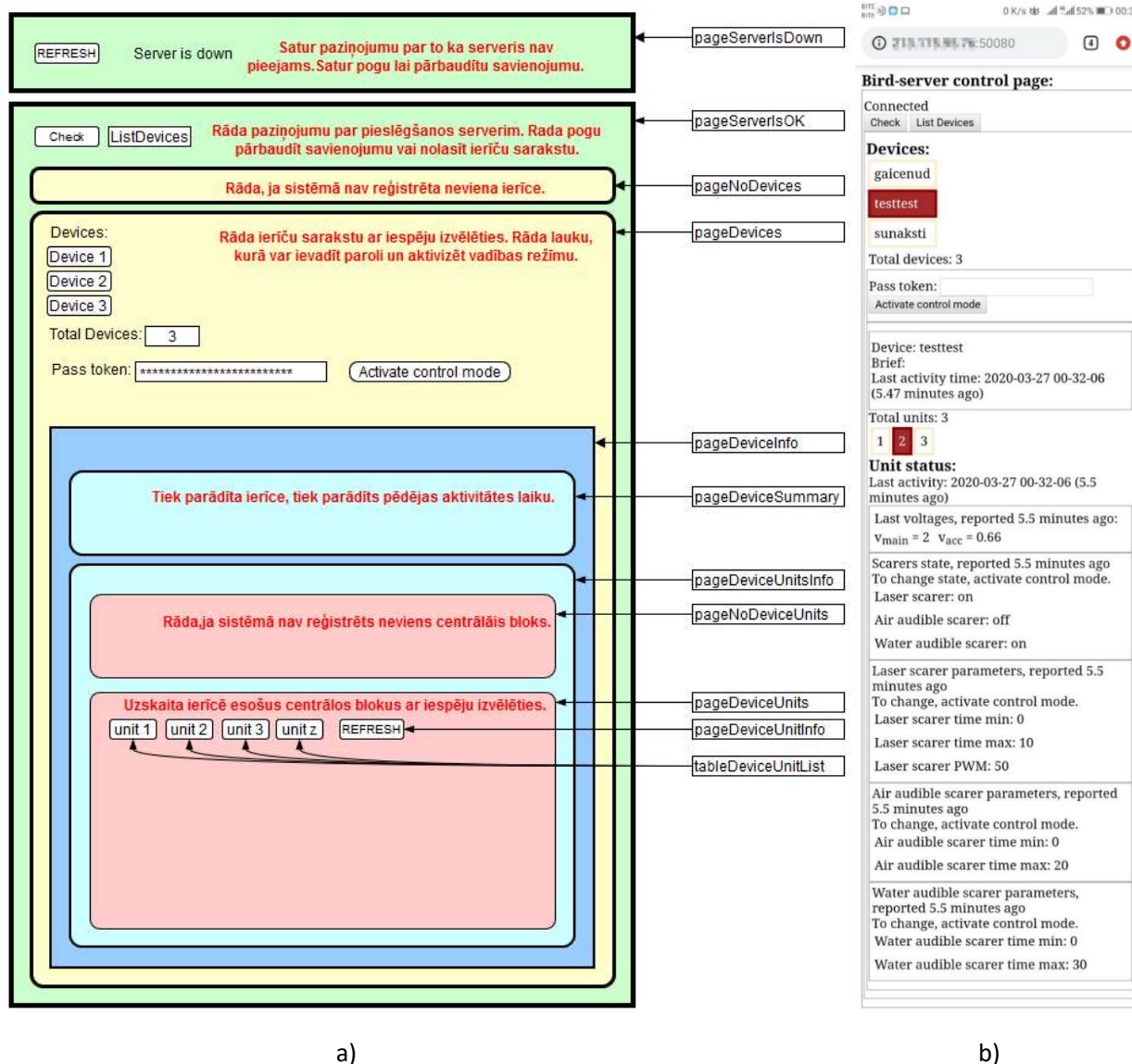
3.3.4. Servera vadības web-lapas papildinājums

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

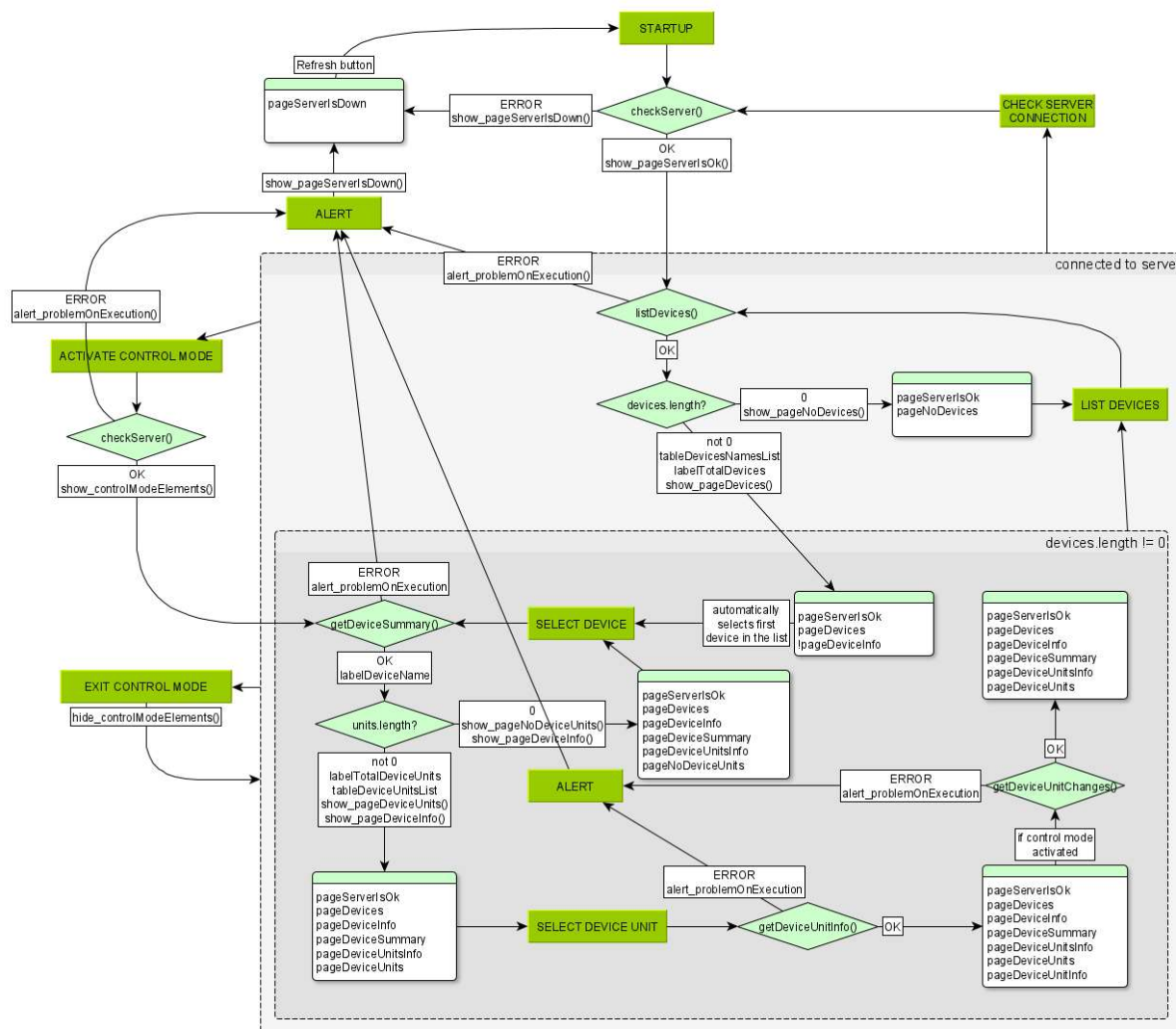
Zemāk attēlotajā attēla a) daļā ir parādīts web lapas izkārtojums ar paskaidrojumiem, kas apraksta, kādu informāciju lapas elementi saturēs. Zemāk parādītajā attēla b) daļā ir parādīta reāls web lapas attēlojums uz mobilās ierīces. Ievadot pareizu HAOS sistēmas (komunikācijas moduļa) Pass_token informāciju, varēs piekļūt centrālo bloku vadības elementiem (ievadlauki un pogas).



Attēls 3.4. web lapas izkārtojums ar paskaidrojumiem a) daļa, web-lapas attēlojums uz mobilās ierīces b) daļa

Zemāk ir parādīta vienkāršota web-lapas uzvedības plūsmkarte:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.



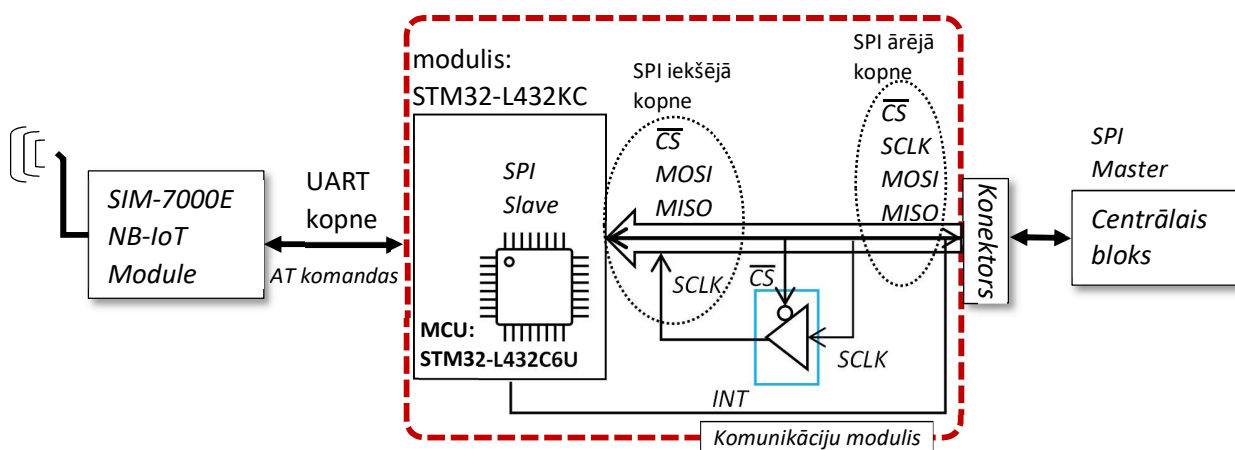
Attēls 3.5. web-lapas uzvedības plūsmkarte

Sākums ir atzīmēts ar STARTUP; citi tās pašas krāsas elementi atspoguļo citas darbības, kuras ir iespējams veikt, spiežot pogas. Šajā plūsmkartē minēto lapu (katrai ir iedots unikāls nosaukums, piem. *pageServerIsOk*) izkārtojumu var redzēt iepriekšējā attēlā.

Zemāk ir aprakstīti zema līmeņa procesi, saistītie ar jaunu funkcionalitāti.

3.3.5. SPI kopnes jaunais protokols

Komunikācijas modulis visu informāciju par centrālo bloku darbību saņem / nosūta izmantojot SPI kopni, kurā tas ir saslēgts SPI Slave režīmā.



Attēls 3.6. komunikācijas moduļa struktūrshēma – parādītas iekšējās komunikācijas kopnes

Dažu STM32-L432 mikrokontroliera un HAL bibliotēkas īpašību dēļ SPI Slave tika implementēts programmatūras režīmā (procesors apstrādā katru CS un SCLK signālu fronti izmantojot pārtraukumus). Tāpēc vadāms buferis pie SCLK signāla (izveidots uz mikroshēmas 74HC132N pamata) tiek izmantots, lai bloķētu SCLK signālu tad, ka nav ieslēgts CS signāls. Tas mazina noslodzi uz Software-SPI Slave datu saņemšanas programmatūru (tiek izsaukti mazāk GPIO pārtraukumi).

Projekta gaitā tika papildināts SPI datu protokols uz universālāku formātu. Tagad dati tiek saņemti un nosūtīti pakās un tiem ir šāds formāts:

Baita numurs:	0	1	2	3..7
Nozīme:	253 Identificē datu pakas sakumu	Cik baitu sakot ar 2.?	Kontrolsumma baitiem sakot ar 3.	Derīgie dati (payload)

Komunikācija tiek uzsākta, kad pirmā nosūtītā baita vērtība ir 253, pārējās ziņas, kas sākas ar citu vērtību netiek saglabātas, kā arī tiek ignorēti baiti ar kodu 255. Baita 1 norāda, cik daudz baitu ir pakā (skaitot baitus

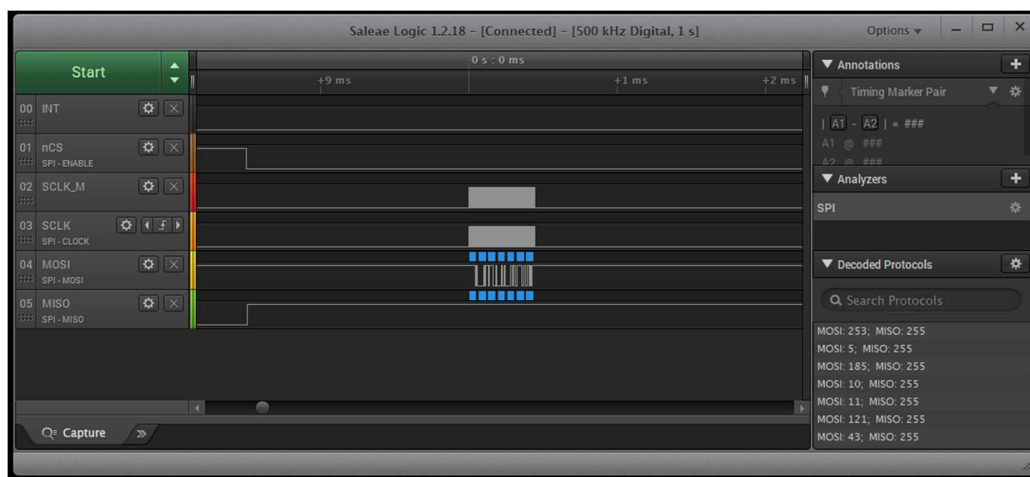
MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

2 līdz 6/7). Baita 2 tiek izmantots kļūdu pārbaudei (satur kontrolsummu, kas tiek rēķināta baitiem no 3 līdz 6/7).

Komunikācijas modulis veic šādu datu paku saņemšanu (pārliedz ka ir saņemti visi baiti) un kontrolsummas pārbaudi, bet neveic datu interpretāciju. Visi no centrālā bloka saņemtie dati tiek nosūtīti serverim turpmākai interpretācijai. Savukārt, no servera saņemtie pieprasījumi tiek nosūtīti centrālajam blokam tādu pašu paku veidā.

Ārpus šīm pakām, komunikācijas modulis un centrālais bloks var pārraidīt baitu ar kodu 255, kurš tiks ignorēts. Attēls zemāk demonstrē vienu paku, kas ir saņemta no centrālā bloka – var redzēt ka tajā ir aktīvs tikai MOSI signāls. MISO signāls tiek turēts augstā līmenī un tas nozīmē ka centrālais bloks no komunikācijas moduļa saņem 7 baitus ar vērtībām 255, kas tiks ignorētas.



Attēls 3.6. SPI pakas piemērs (saturs šeit nav svarīgs, tālāk tekstā būs citi konkrētāki piemēri)

Visu SPI paku, kuras centrālais bloks sūta komunikācijas moduļim, derīgajiem datiem ir šāds formāts:

Baita numurs SPI pakā:	3	4	5	6	7
Nozīme:	Centrālā bloka numurs *10. (unit number)	Operācija (skat. zemāk variantus)	Parametri atkarībā no operācijas (skat. zemāk atšifrējumu)		
		11 – akumulatoru spriegumi	Barošanas sprieguma vērtība *10. Piem. 121 iekodē 12.1 V.	Akumulatora sprieguma vērtība *10. Piem. 42 iekodē 4.2 V.	--
		12 – ierīces status	lāzers (1 – ieslēgts, 2 - izslēgts)	skaņa (gaiss) (1 – ieslēgts, 2 - izslēgts)	skaņa (ūdens) (1 – ieslēgts, 2 - izslēgts)

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

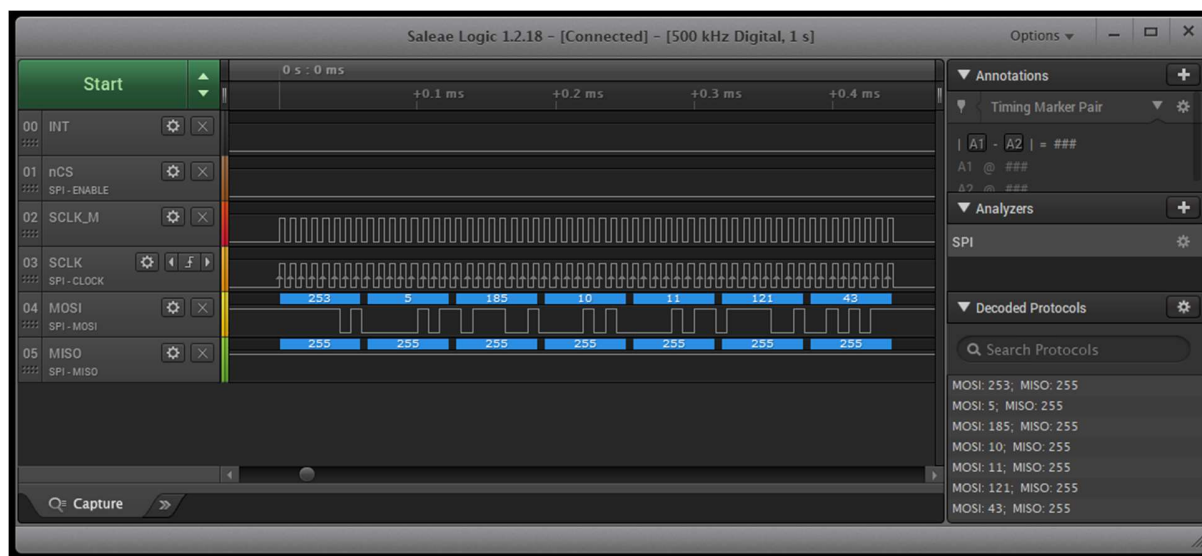
MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

		13 – lāzera parametri	laiks min.	laiks max.	PWM
		14 – skaņas parametri (gaiss)	laiks min.	laiks max.	--
		15 – skaņas parametri (ūdens)	laiks min.	laiks max.	--

Baits 3 identificē no kura centrālā bloka atnāk dati (iekodēts sareizināts ar 10, piemēram ja trešais baits ir 30, tas nozīmē, ka šī informācija tiek padota no centrālā bloka ar numuru 3). Ceturtais baits norāda kāda informācija tiks nolasīta un atkarībā no tās baitiem 5, 6 un vienā gadījumā arī 7 ir dažāda nozīme.

Šādas pakas ir paredzēts pārraidīt regulāri, ziņojot par barošanas spriegumu līmeņiem un strādājošo komponentu (lāzeris, skaļruņi) darba režīmiem un parametriem. Piemēram, šādi centrālais bloks iekodē informāciju par barošanas un akumulatora spriegumiem – 12.1 V un 4.3 V attiecīgi:



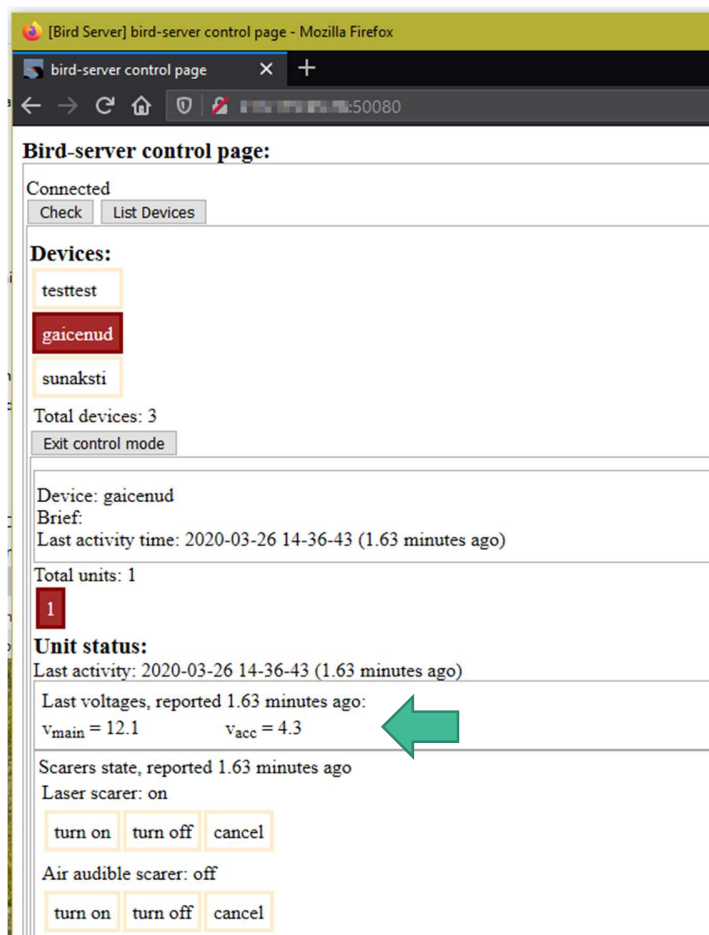
Attēls 3.8. SPI pakas piemērs uzņemts ar ciparu osciloskopu – šeit par barošanas spriegumiem (datu virziens: centrālais bloks -> komunikācijas modulis)

Nākamais attēls demonstrē šo datu attēlošanu servera vadības web-lapā (informācija par barošanas spriegumiem ir atzīmēta ar bultiņu):

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Attēls 3.9. saņemto SPI datu attēlošana servera vadības lapā

Šeit ir attēlota vadības lapa, kur ir parādīts saraksts ar HAOS sistēmām (šeit - *testtest*, *gaicenud* un *sunaksti*, kas būtība ir 8 simbolu *id_token*) un katrai sistēmai ir parādīts saraksts ar centrāliem blokiem (šeit - 1, tikai viens).

Visu SPI paku, kuras komunikācijas modulis sūta centrālajam blokam, derīgajiem datiem ir šāds formāts:

Baita numurs SPI pakā:	3	4	5	6	7
Nozīme:	<i>Centrālā bloka numurs. (unit number)</i>	<i>Operācija (skat. zemāk variantus)</i>	<i>Parametri atkarībā no operācijas (skat. zemāk atšifrējumu)</i>		
		21 – ierīces status	lāzers (1 – ieslēgts, 2 - izslēgts)	skaņa (gaiss) (1 – ieslēgts, 2 - izslēgts)	skaņa (ūdens) (1 – ieslēgts, 2 - izslēgts)
		22 – lāzera parametri	laiks min.	laiks max.	PWM

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

		23 – skaņas parametri (gaiss)	laiks min.	laiks max.	--
		24 – skaņas parametri (ūdens)	laiks min.	laiks max.	--

Šīs pakas ir paredzētas HAOS sistēmas komponentu vadībai (ieslēgšana/izslēgšana) un parametru uzstādīšanai.

3.3.6. Servera komunikācijas ziņu papildinājums

Komunikācijas modulis kalpo kā starpsavienojums SPI kopnei ar serveri, t.i. visus derīgus datus, ko saņem caur SPI kopni, tas nosūta serverim un visus datus, ko saņem no servera, tas nosūta pa SPI kopni. Tāpēc komunikācijai ar serveri tika ieviesti papildus ziņu tipi.

- Ziņa SS (SPI Send to Server) ar šādu saturu:

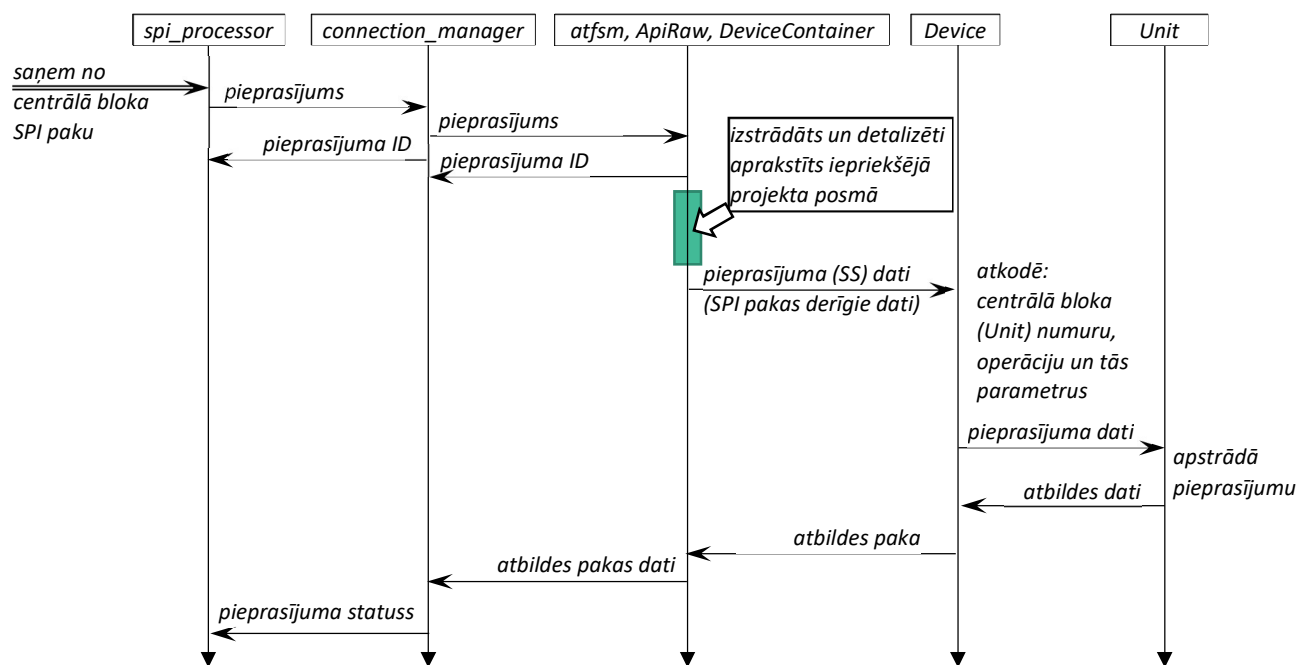
Baits(s)	Formāts	Nosaukums, Interpretācija	Komentāri
0..1	uint16_t	LOP – ziņas garums	Apraksta ziņas (visi baiti) garumu. Tiek pieņemtas ziņas tikai ar šādu garumu: 32..4095, dēļ mikrokontroliera RAM izmēra ierobežojumiem.
2	uint8_t	CHKSUM - kontrolsumma	Aprēķināta priekš ziņas baitiem 0..1, 3..(LOP-1), kā summa, kura pēc tam tiek invertēta (bitwise NOT).
3	uint8_t	SOP – derīgu datu sākums	Precizē, kur sākas derīgie dati. Derīgo datu sākums ir SOP*4+32.
4..11	8 chars	id_token	Identificē komunikācijas moduli – katram ir unikāls; publiski zināms.
12..(SOP*4+31)	zero-terminated string	pass_token	Autentificē komunikācijas moduli; tiek turēts slepenībā.
(SOP*4+32)..(SOP*4+33)	chars	request ID	Satur divus simbolus – “SS”.
(SOP*4+34)..(LOP-1)	request payload	request payload	Satur datu kopiju, kas tiek saņemta ar SPI 253 paketes derīgajiem datiem.

Šāda formāta ziņas tiek nosūtītas serverim katru reizi saņemot SPI paku. Operāciju secība un iesaistītie moduļi ir sekojošie:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Attēls 3.10. demonstrē kādā veidā dati no SPI kopnes (saņemtās pakas derīgi dati) nonāk līdz servera Device Unit objektam

Centrālo bloku vadībai ir sarežģītāka secība, skat. zemāk.

- SR (SPI Receive from Server) ar šādu saturu:

Baits(s)	Formāts	Nosaukums, Interpretācija	Komentāri
0..1	uint16_t	LOP - ziņas garums	Apraksta ziņas (visi baiti) garumu. Tiek pieņemtas ziņas tikai ar šādu garumu: 4..4095, dēļ mikrokontroliera RAM izmēra ierobežojumiem.
2	uint8_t	CHKSUM - kontrolsumma	Aprēķināta priekš ziņas baitiem 0..1, 3..(LOP-1), kā summa, kura pēc tam tiek invertēta (bitwise NOT).
3	uint8_t	SOP - derīgo datu sākums	Precizē, kur sākas derīgie dati. Derīgo datu sākums ir SOP*4+4.
(SOP*4+4)..(SOP*4+5)	chars	response ID	Atbilde uz komunikācijas moduļa pieprasījumu – divi simboli "OK".
(SOP*4+6)..(SOP*4+7)	chars	additional response ID	Papildus atbilde – pieprasījums no servera puses, satur divus simbolus – "SR".

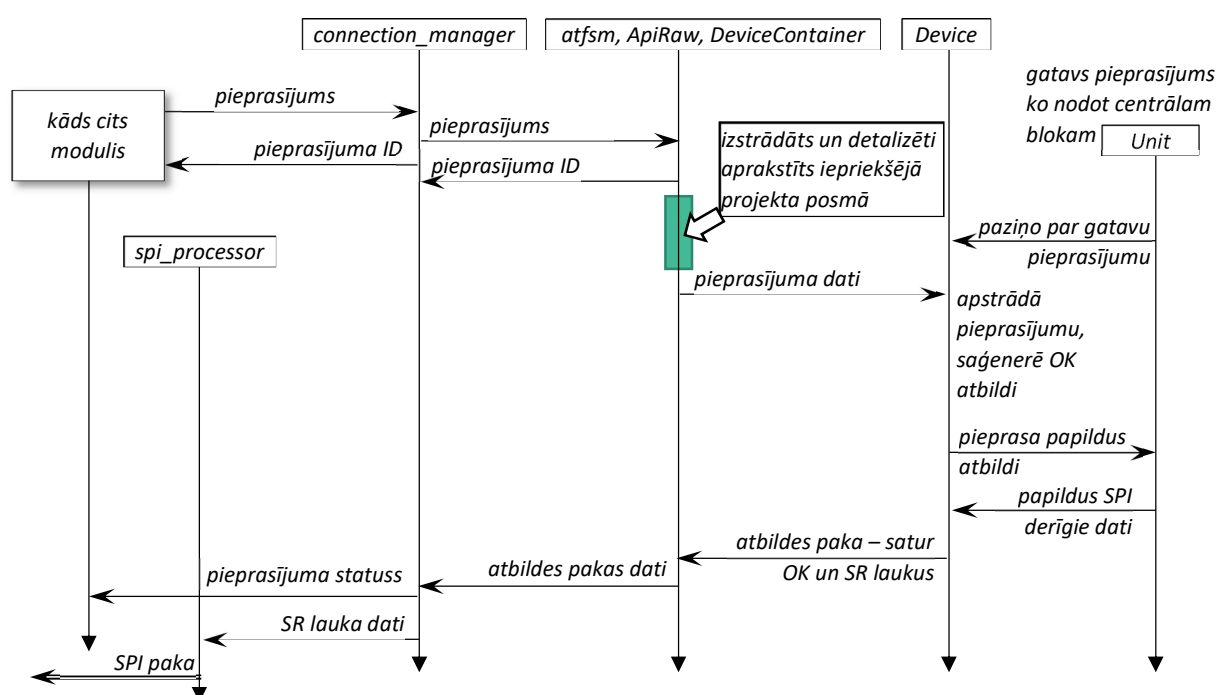
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

(SOP*4+8)..(LOP-1)	binary data	additional response payload	Binārie dati pārsūtīšanai caur SPI.
--------------------	-------------	-----------------------------	-------------------------------------

SR ziņu serveris nosūta atbildot uz jebkādu komunikācijas moduļa pieprasījumu. Sliktākajā gadījumā - uz "heartbeat" ziņu, reizi stundā. Operāciju secība un iesaistīti moduļi ir sekojošie:

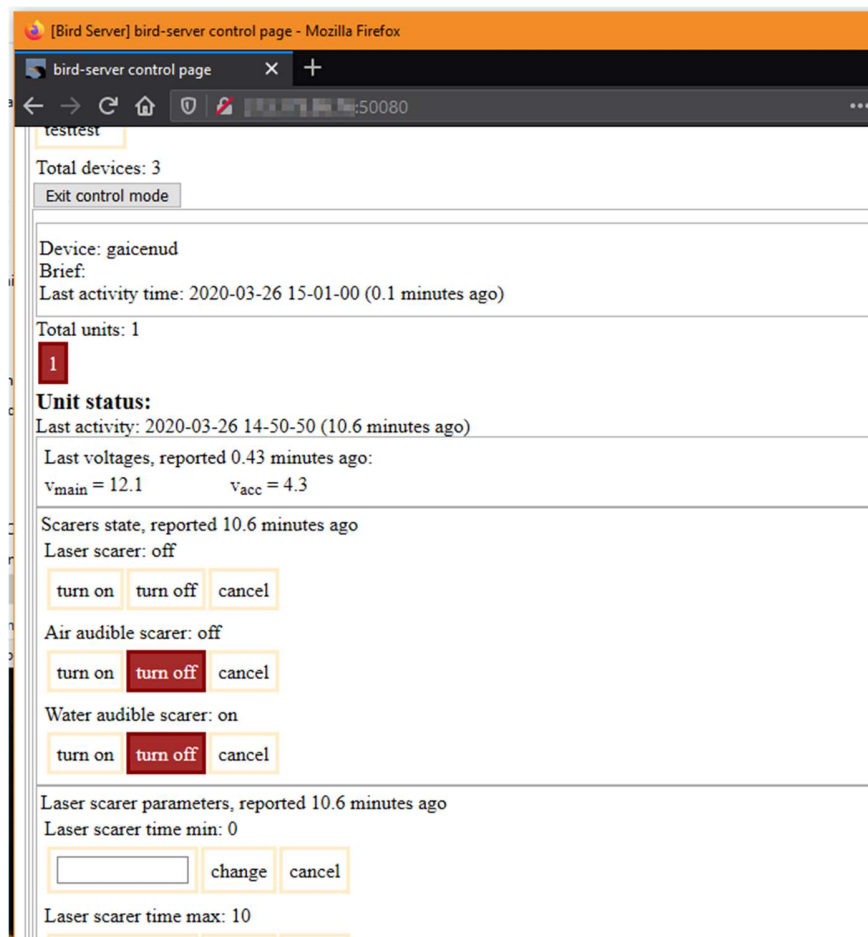


Attēls 3.11. demonstrē pieprasījuma nodošanu no servera līdz SPI kopnei

Tāpēc ir jāņem vērā ka servera vadības web-lapā veiktās izmaiņas reāli tiek izpildītas centrālā blokā ar lielu aizturi. Šim nolūkam, web-lapā pieteiktās izmaiņas tiek attēlotas līdz izpildei. Piemērā, zemāk tika pieprasīts izslēgt skaņas atbaidītājus (gaiss un ūdens), bet neko nedarīt ar lāzera stāvokli. Pogas “turn off” tiek iezīmētas un saglabā šādu stāvokli (arī pārlādējot vadības web-lapu) līdz to nodošanai OK/SR atbildes pakas veidā. Līdz tam šos pieprasījumus ir iespējams mainīt.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Attēls 3.12. demonstrē centrālā bloka vadību binārām vērtībām (šeit tiek pieprasīts izslēgt gaisa un ūdens atbaidītājus, un atstāt lāzera atbaidītāju iepriekšējā stāvoklī)

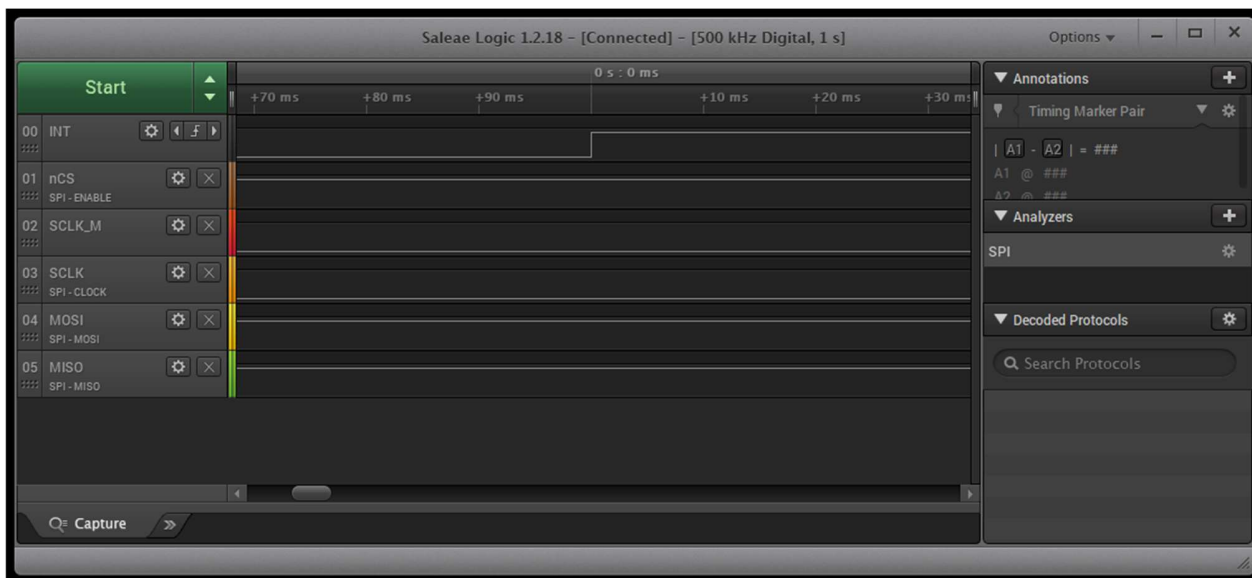
Šāds vadības mehānisms ir izvēlēts, lai klikšķinot on/off vadības pogas web-lapā, vadāmā ierīce ieņem tikai pēdējo izvēlēto stāvokli.

Tiklīdz komunikācijas modulis saņem SR ziņu, tas sagatavo SPI paku nosūtīšanai (skat zemāk).

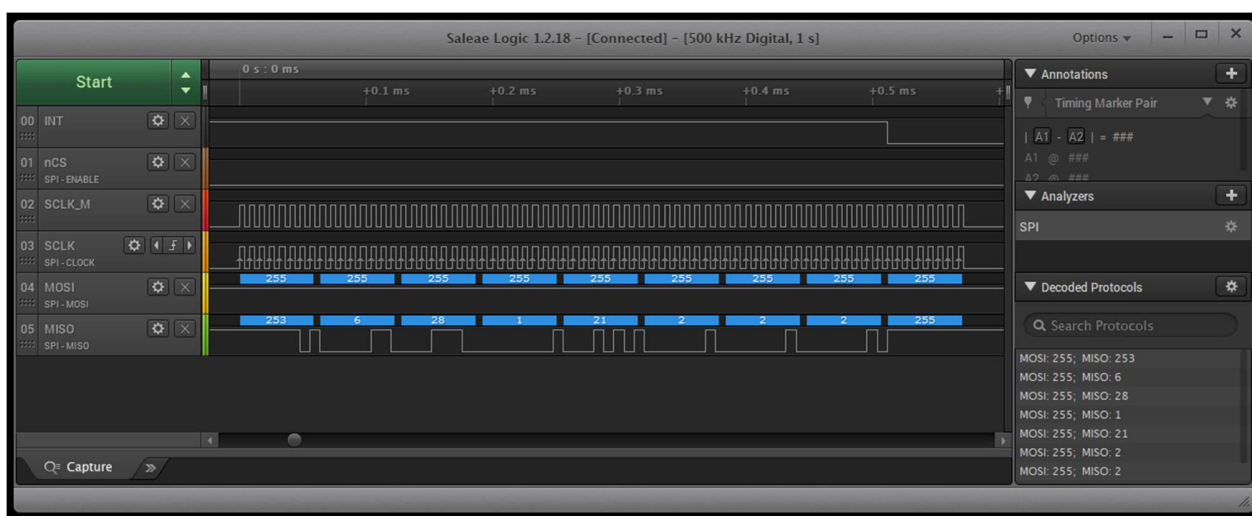
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



a) tiklīdz komunikācijas modulim ir SPI dati, tiek uzstādīts INT signāls



b) reģistrējot INT signālu, centrālais bloks var nolasīt SPI paku, padodot SCLK signālu; tiklīdz visi dati ir nolasīti, INT signāls tiek uzstādīts atpakaļ uz 0

Attēls 3.13. demonstrē pakas nosūtīšanu uz centrālo bloku

Šajā piemērā tiek iesaistīts INT signāls SPI kopnes īpašības dēļ – komunikācijas modulis ir SPI Slave režīmā.

Vadības lapā var konfigurēt arī skaitliskus parametrus. Zemāk ir parādīts piemērs lāzera impulsa platuma modulācijas aizpildījuma koeficienta (nosaka spilgtumu) maiņai:

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Laser scarer parameters, reported 14.5 minutes ago

Laser scarer time min: 0

change cancel

Laser scarer time max: 10

change cancel

Laser scarer PWM: 50

change cancel

Air audible scarer parameters, reported 14.5 minutes ago

Attēls 3.14. demonstrē skaitlisko vērtību maiņu servera vadības web-lapā

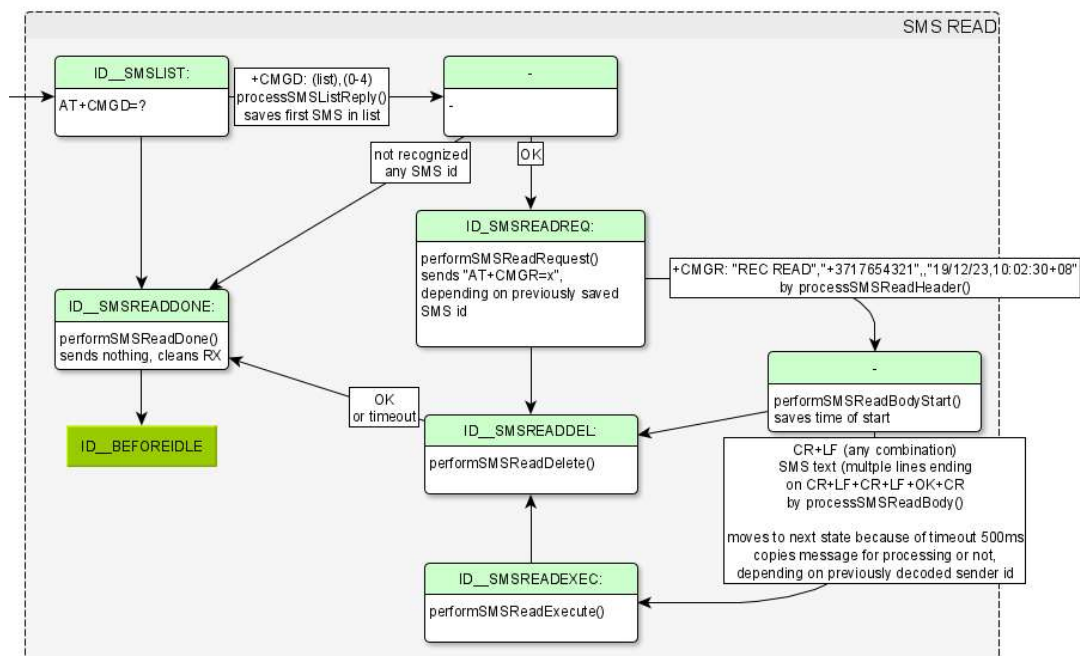
Princips ir tāds pats - pieteiktā izmaiņa tiek iezīmēta un to ir iespējams mainīt līdz tiek saģenerēta SR ziņa.

3.3.7. Papildus funkcijas (SMS ziņu apmaiņa)

Tika implementēta arī papildus funkcionalitāte SMS ziņu apmaiņai. Lai gan programmatūra to atbalsta (t.i. saņemot ziņu tiek izsaukta C funkcija ar SMS ziņas tekstu, vai ar citām funkcijām ir iespējams nosūtīt SMS ziņu), taču reālā prototipā šī funkcija nebija izmantota.

Zemāk ir parādītas ATFSM moduļa veikti papildinājumi.

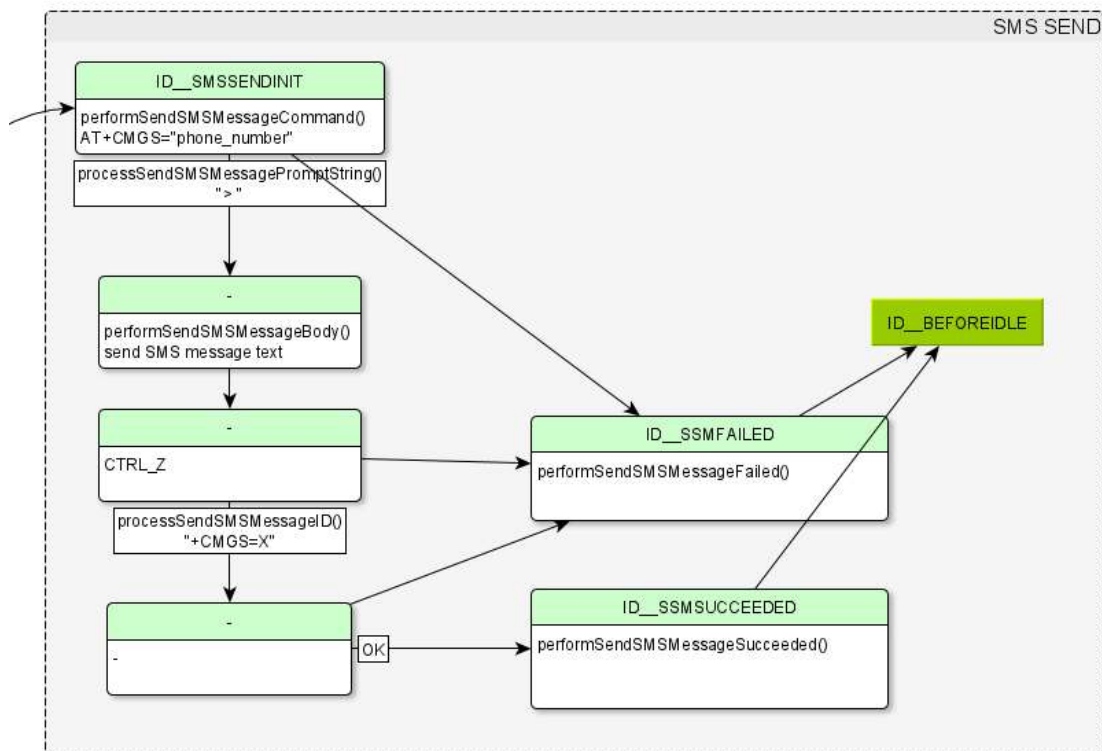
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.



Attēls 3.15. ATFSM moduļa papildus stāvokļi SMS ziņas saņemšanai

Ir izmantots “polling” paņēmiens - šeit ienākoša bultiņā no ID__IDLE stāvokļa. Periodiski (reizi ~30 sekundēs) ATFSM pārbauda vai ir saņemtas jaunas SMS ziņas un, ja ir, tās tiek nolasītas un dzēstas pa vienai. Autorizēto saņēmēju saraksts ir iebūvēts programmatūras kodā (tabulas veidā).

Zemāk ir parādīti ATFSM papildus stāvokļi SMS ziņas nosūtīšanai:



Attēls 3.16. ATFSM papildus stāvokļi SMS ziņu nosūtīšanai

Ienākošā bultiņa ir no ID__IDLE stāvokļa, gadījumā, ja tiek pieprasīts nosūtīt SMS ziņu ar ATFSM_sendSMSMessage() funkcijas palīdzību. Funkcijas izsaukšana SMS ziņas nosūtīšanai ir tāda pati kā ziņas nosūtīšana serverim, pēc sekojošā pseidokoda:

Definējam stāvokļus šim procesam (vajadzīgs nebloķējošai procesa realizācijai)

```

static enum send_sms_t
{
    send_sms_idle,                //!< nedarīt neko
    send_sms_requested,           //!< pieprasīt ziņas nosūtīšanu ar ATFSM_sendSMSMessage()
    send_sms_in_process           //!< sagaidīt rezultāta kodu - SUCCEEDED / FAILED
} send_sms_state = send_sms_idle;
static ATFSM_ReturnCode t send_sms_id; //!< mainīgais transakcijas identifikatora glabāšanai
  
```

Tad kad ir vajadzīgs nosūtīt SMS ziņu, mainām šī stāvokļa automāta stāvokli:

```

// schedule send of SMS message
if (send_sms_state == send_sms_idle)
    send_sms_state = send_sms_requested;
}
  
```

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Stāvokļa automāta realizācija ir sekojoša:

```
switch(send_sms_state)
{
    case send_sms__requested:
    {
        ATFSM_ReturnCode_t ret = ATFSM_scheduleSendSMSMessage("Hello!", 6, "21234567");
        if (ATFSM_isID(ret))
        {
            send_sms_id = ret;
            send_sms_state = send_sms__in_process;
        }
        break;
    }

    case send_sms__in_process:
    {
        ATFSM_ReturnCode_t ret = ATFSM_getTransactionState(send_sms_id);
        if (ATFSM_isCompletionCode(ret))
        {
            send_sms_state = send_sms__idle;
            ATFSM_freeTransaction(send_sms_id);
        }
        break;
    }

    case send_sms__idle:
    default:
    }
}
```

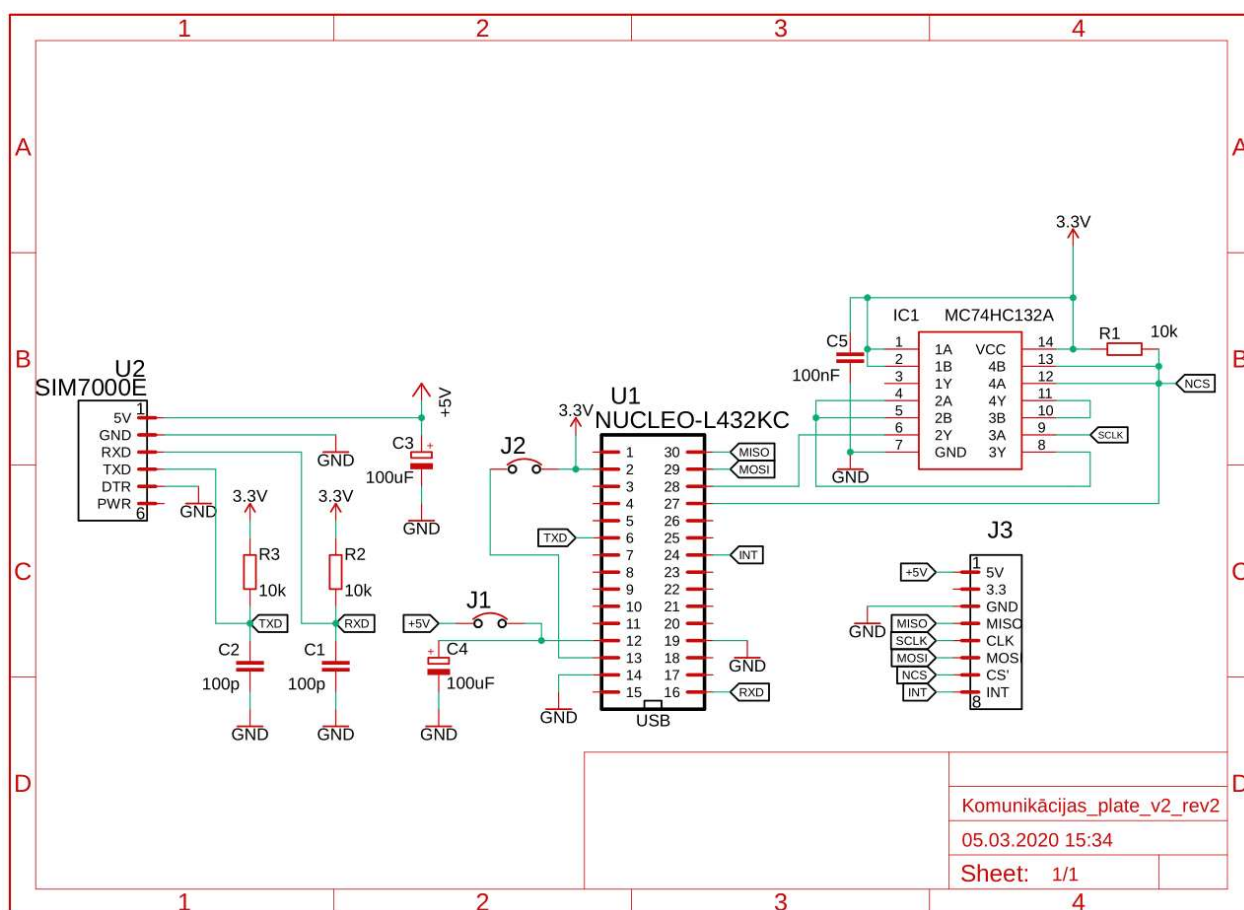
Šajā piemērā ziņu ar tekstu “Hello!” (6 simboli) tiek pieprasīts nosūtīt abonentam ar numuru 21234567.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

3.3.8. Komunikācijas moduļa implementācija

Principālā shēma

Tika izveidota shēma EAGLE CAD vidē. Uz vienas PCB plates tiek izvietots gan mikrokontrolera modulis, gan SIM kartes 4G modulis, kā arī nepieciešamā funkcionalitāte tiek realizēta ar MC74HC132A integrēto shēmu. Atšķirībā no iepriekšējām iespīestās plates versijām, šeit tiek izmantoti virsmas montāžas elementi, kur tas ir iespējams, jo tas samazina elementiem nepieciešamo vietu un ļauj kompaktāk salikt komponentus un moduļus. Virsmas montāžas komponenti kā rezistori un kondensatori ir izvēlēti ar izmēru 0603 collu simtdaļās (jeb 1608 metriski – 1.8mm × 0.8mm), kuri ir pietiekoši ērtā izmērā komponentu pielodēšanai.



Attēls 3.17. Principālā shēma

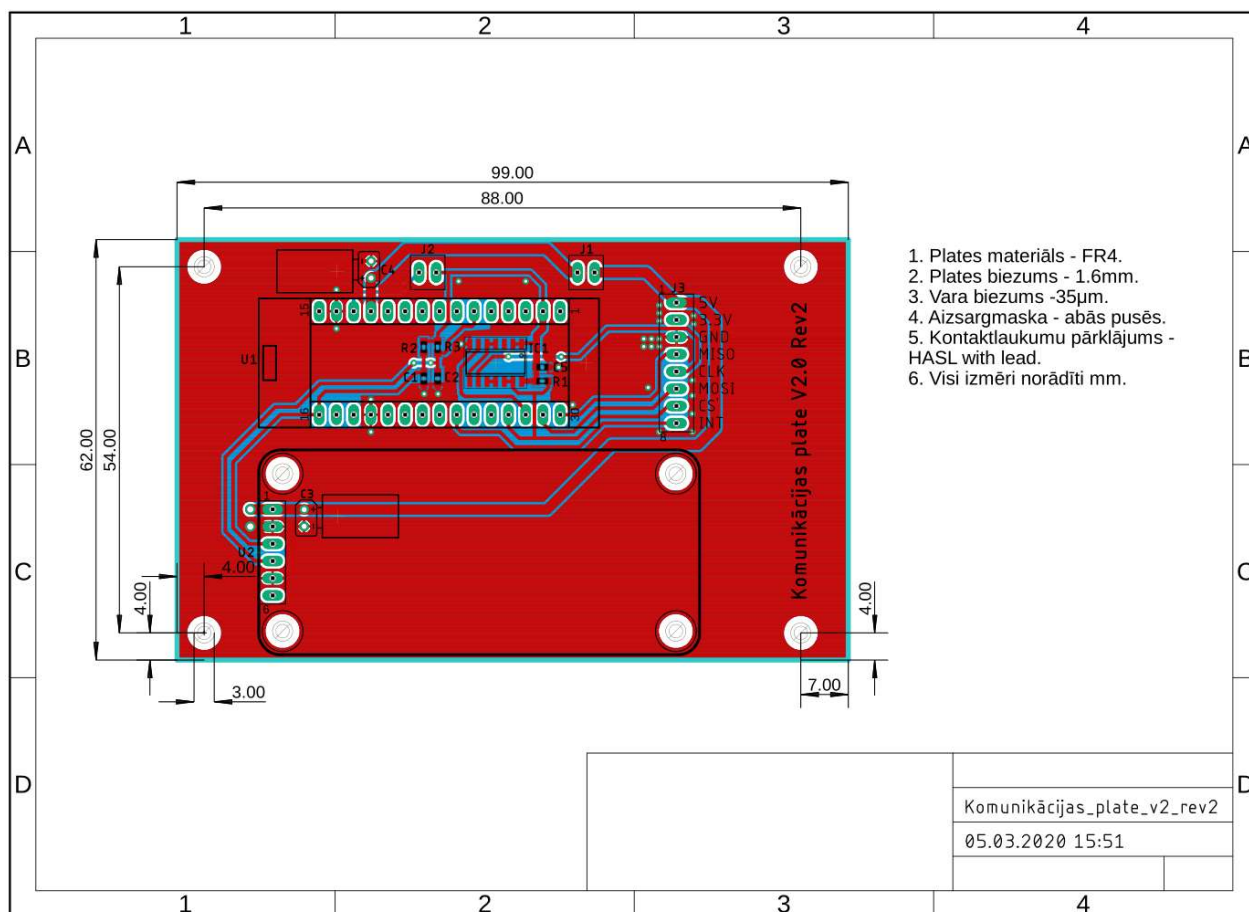
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

PCB shēma

Plate tiek veidota kā divpusējā iespiestā plate. Divpusējās plates izgatavošana ir salīdzinoši lēta, kā arī plates piegāde ir pietiekoši ātra. Tā kā komponentu ir salīdzinoši maz, tie tiek izvietoti vienā pusē. Plates stiprinājuma urbumi ir izvēlēti atbilstoši plates stiprinājuma vietai.



Attēls 3.18. PCB shēma

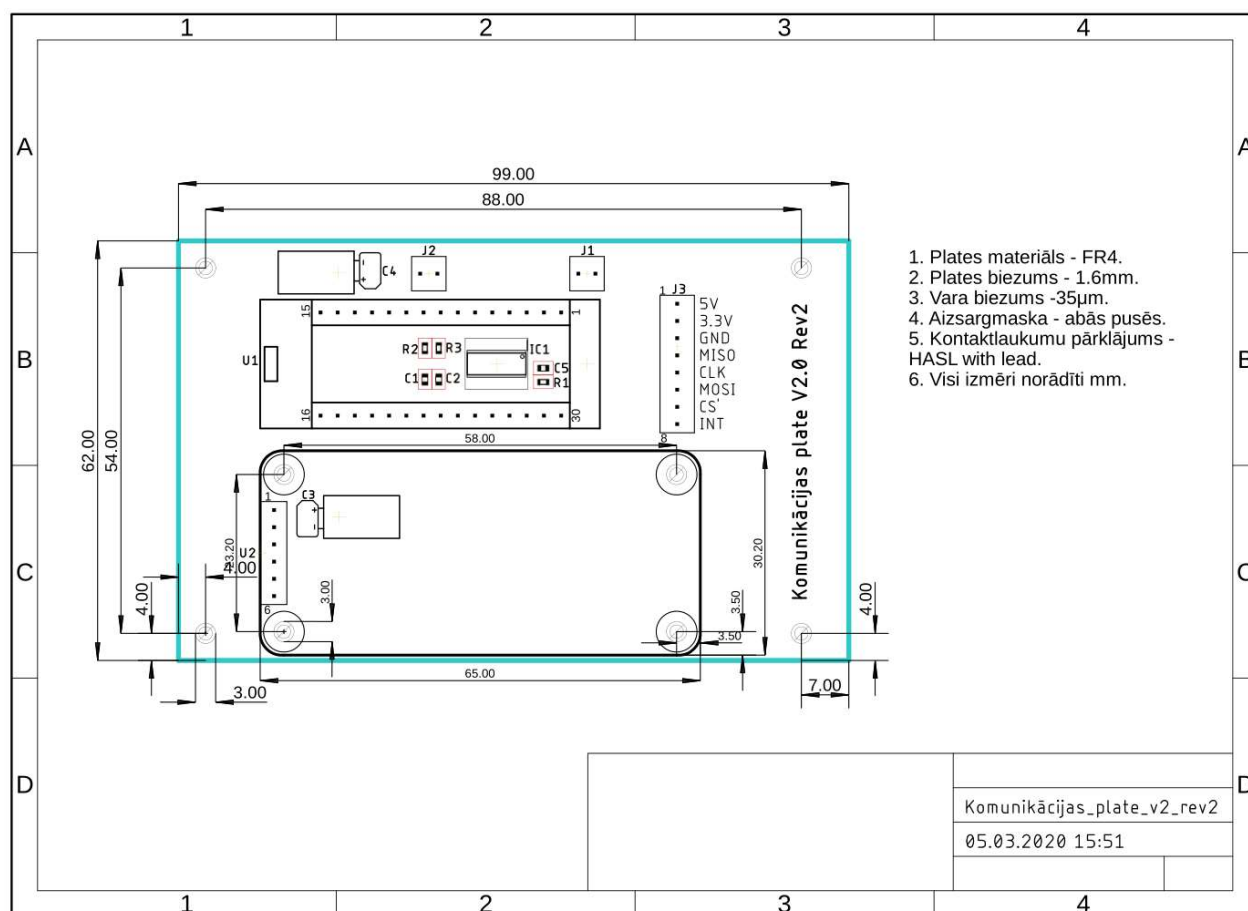
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Komponentu izkārtojums

Nākošajā attēlā ir parādīts komponentu novietojums uz PCB plates.



Attēls 3.19. komponentu izkārtojums PCB shēmā

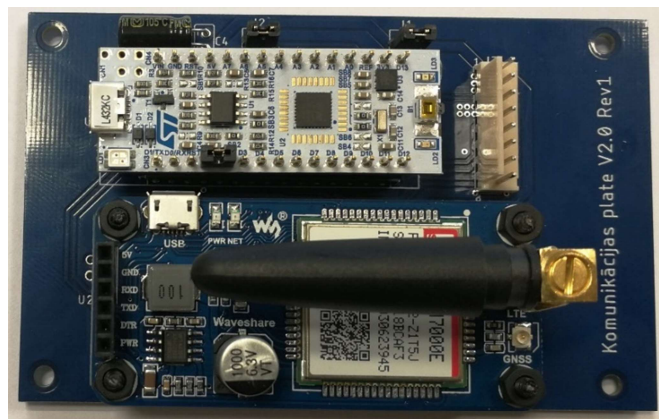
Iekārtas foto

Zemāk esošajos foto ir parādīti salodētā komunikācijas moduļa plate kopā ar ieliktu SIM kartes moduli un komunikācijas moduli. Plate salodēta Rīgas Tehniskās Universitātes telpās.

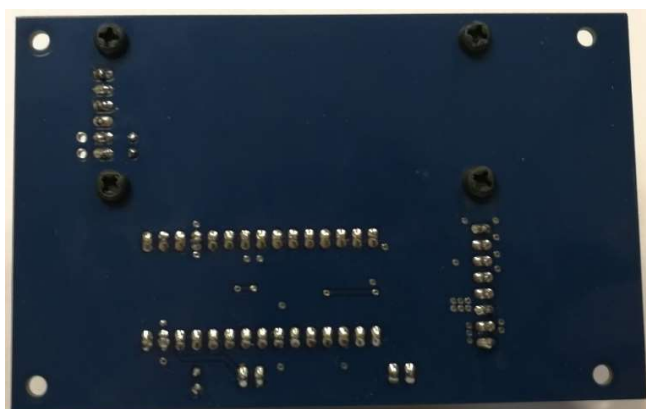
DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Attēls X, PCB plates virsskats



Attēls 3.20. PCB plates apakšskats

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29, 2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Attēls 3.21 PCB plates sānskats

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

PCB plates komponentu saraksts (BOM)

Komponents	Nomināls/ Nosaukums	skaits	Korpuss	Apraksts
C1,C2	100p	2	0603 (1608 metriski)	Kondensators,SMT, keramisks, 0603, 100pF, vismaz 6.3V DC
C3, C4	100µF	2	Ø6.3X11.2MM	Kondensators,THT, elektrolītisks, Ø6.3X11.2mm, 100µF, zems ESR, vismaz 6.3V DC
C5	100nF	1	C0603	Kondensators,SMT, keramisks, 0603, 100nF, vismaz 6.3V DC
IC1	MC74HC132A	1	SO14	IC, 74HC132A, SMT, Quad 2-Input NAND Gate, SO14
R1,R2,R3	10k	3	0603 (1608 metriski)	Rezistors, 10KΩ, 5%
U1	NUCLEO-L432KC	1	NUCLEO-L432KC	Izstrādes modulis NUCLEO-L432KC
U2	SIM7000X	1	SIM7000X	Izstrādes modulis SIM7000X
J1,J2	header	2	HEADER MALE 1X2,2.54mm pitch	Konektors, MALE 1X2,2.54mm pitch
J1J2, (jumper)	jumper	2	Female Jumper Socket 2.54 mm pitch	Konektors,Female Jumper Socket 2.54 mm pitch
J3	header	1	HEADER MALE 1X8,2.54mm pitch	Konektors, MALE 1X8,2.54mm pitch
U1(pcb)	header	2	HEADER FEMALE 1X15,2.54mm pitch, 8.7mm height,	Konektors, FEMALE 1X15,2.54mm pitch, 8.7mm height
U2(pcb)	header	1	HEADER FEMALE STACKABLE 1X6, 2.54mm pitch, 10.5mm height	Konektors, FEMALE STACKABLE 1X6,2.54mm pitch,10.5mm height
U2(modulis)	header	1	HEADER FEMALE 1X6,2.54mm pitch, 8.7mm height	Konektors, FEMALE 1X6,2.54mm pitch, 8.7mm height

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

4. U4.1 Zinātniskās raksta izstrāde (RTU) 19.-22.mēn.

AP4.1 Sagatavots zinātnisks raksts

Piscivorous bird deterrent device based on direct digital synthesis of acoustic signals.

Arturs Aboltins, Dmitrijs Pikulins, Juris Grizans, Sergejs Tjukovs

Abstract-- This paper is discussing problems related to development of acoustic deterrent device (ADD) for protection of fishponds and other objects against unwanted presence of birds. Objective of the paper is not only providing of an overview of available technologies for waveform synthesis and generation, but also to build a solid theoretical base for design and implementation of acoustic bird deterrent solutions. Moreover, the paper also briefly addresses one of the hottest topics – synthesis of bird songs and calls using technologies for music, speech and other acoustic signal processing. The second part of the paper describes implementation of acoustic deterrence device prototype and additional tools. Issues related to development of tools for sound creation, conversion and playback are discussed.

Index Terms—animals, frequency modulation, aquaculture, acoustic devices, music, acoustic signal processing.

INTRODUCTION

Too active presence of carnivore birds in the fish stocks creates lot of problems to fisheries and aquaculture businesses [XX]. Many European fisheries are badly affected by various predatory birds, particularly, cormorants (*Phalacrocorax carbo*), which is capable of killing around 0.6-1.2 kg fish per day [XX]. Its rapid distribution in Europe over the last 20-30 years has been associated with huge losses to pond farms. Since hunting of cormorants and many other species is prohibited by European laws, fisheries are looking for acoustic and optical deterrent solutions which would frighten off the unwanted birds.

One of the simplest acoustic deterrent solutions for birds, widely used in the agriculture, are gas powered guns. Although rifle shot like sounds deter birds, they make lot of problems to other inhabitants as these devices can be easily confused with real hunting weapons and can lead to false police calls. Moreover, due to periodical nature of shots, birds use to adopt to these devices. If fishpond is large enough, deployment of these guns to a floating platform becomes necessary, and this makes servicing of those devices quite problematic and dangerous. Moreover, the scientific studies [1] have shown that wide acoustic spectrum of the shots make lot of stress to fishes and can lead to mass death.

Another widely used acoustic deterrent solution are generators of high-intensity bio acoustic signals. In the simplest case these are devices which periodically play back recorded sound of predatory bird, siren, or human voice. One of the advantages of those electronic devices compared to the gas-powered guns is ability to deter diving predator birds under water. In this case respective underwater speaker will be necessary. In order for signals to be effective and to avoid adaptation of birds, signals must have the following characteristics:

- the signal should be loud enough for the birds to hear it;
- the signal must be within the audible frequency range of the birds;
- the signal may need to be biologically relevant, producing an appropriate effect on the birds;
- both underwater and surface signals should have as little impact on the environment, animals and fish as possible;

This research was funded by grant “Development of Hybrid Intelligent Acoustic-Optical System for Reduction of Damage to Non-Hunted and Migratory Bird Species in Latvian Aquaculture Industry”, NR 17-00-F02201-000001 from the European Maritime and Fisheries Fund.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

- the habituation of birds must be excluded, and consequently certain signal characteristics must be constantly changing (spectrum, duration, steepness, delay).

Purpose of this research is a development of acoustic deterrent device for fishponds. This device must be able to synthesize bird vocalizations and other sounds in intelligent manner, when synthesized sounds vary between the cycles. This prevents habituation of the birds to the sounds and allows to store sound in much compact manner.

This paper is organized as follows: Section II provides an overview of bird hearing; Section III is devoted to acoustic deterrence of birds. In first part of this section deterrence of birds using acoustic signals is reviewed, whereas following subsection addresses a theoretical and practical aspects of acoustic signal analysis and synthesis. Section IV is devoted to implementation of acoustic deterrent device and additional tools. Finally, Section V summarizes this paper and draws main conclusions about the achieved results.

BIRDS HEARING

In order to be able to define the requirements for underwater and in-air acoustic signal generators, it is necessary to ensure that all of these conditions are met, which in turn can only be achieved by knowledge of bird hearing and the perception of specific signals.

The hearing characteristics of birds are different from those of humans and other mammals. One of the bigger differences is the lack of an outer ear used by mammals to concentrate and amplify incoming signals. Similarly, birds have only one columella – an organ that provides a theoretical 20x amplification of the signal coming from the eardrum to the inner ear. Like humans, the inner ear serves two functions: balance and hearing. Hearing is provided by a cochlea which, unlike a mammalian cochlea, is straight and varies in length depending on the species of bird. Exactly this component provides the specific range of bird hearing frequency, i.e. the longest cochlea provides better sensitivity to signal reception across the frequency range as well as resolution between frequencies [1].

Hearing in air

It should be remembered that different bird species have different audible frequency ranges due to their physiological properties. The information on hearing many birds in air is summarized in the Table I.

Species	Lower Limit (Hz)	Most Sensitive (kHz)	Upper Limit (kHz)
Black-footed Penguin (<i>Spheniscus demersus</i>)	100	0.6-4	15
Mallard [<i>Anas platyrhynchos</i>]	300	2-3	8
Canvasback [<i>Aythya valisineria</i>]	190		5.2
American Kestrel (<i>Falco sparverius</i>)	300	2	10
Ring-necked Pheasant (<i>Phasianus colchicus</i>)	250		10.5
Turkey (<i>Meleagris gallopavo</i>)			6.6
Gull (<i>Larus ridibundus</i>)	100	3	10
Ring-billed Gull (<i>Larus delavensis</i>)	100	0.5-0.8	3
Rock Dove (<i>Columba livia</i>)	50	1.8-2.4	11.5
Eagle Owl (<i>Bubo bubo</i>)	60	1	8
Great Horned Owl (<i>Bubo virginianus</i>)	60		7
Long-eared Owl (<i>Asio otus</i>)	100	6	18
Tawny Owl (<i>Strix aluco</i>)	100	3-6	21
Horned Lark (<i>Eremophila alpestris</i>)	350		7.6
European Robin (<i>Erithacus rubecula</i>)			21
American Crow (<i>Corvus brachyrhynchos</i>)	300	1-2	8
Black-billed Magpie (<i>Pica pica</i>)	100	0.8-1.6	21
Blue Jay (<i>Cyanocitta cristata</i>)			7.8
Red-winged Blackbird (<i>Agelaius phoeniceus</i>)			9.6
Brown-headed Cowbird (<i>Molothrus ater</i>)			9.7
European Starling (<i>Sturnus vulgaris</i>)	700	2000	15
House Sparrow (<i>Passer domesticus</i>)	675		11.5
Chaffinch (<i>Fringilla coelebs</i>)	200	3.2	29
Greenfinch (<i>Chloris chloris</i>)			20
Canary (<i>Serinus canaria</i>)	1100		10
Bullfinch (<i>Pyrrhula pyrrhula</i>)	200	3.2	20-25
Red Crossbill (<i>Loxia curvirostris</i>)			20
Snow Bunting (<i>Plectrophenax nivalis</i>)	400		72

TABLE I HEARING OF VARIOUS BIRDS [2]

It can be seen that the high sensitivity frequency ranges of different bird species vary dramatically, but a specific frequency band of 1kHz to 4kHz is heard by most of the birds. One very important point to note is that there is no scientifically proven data on the ability of birds to hear in the ultrasonic (> 20kHz) range. Some bird species have the ability to hear infrasound (<20Hz), but low frequency signals have one characteristic - difficulty in identifying a sound source that is particularly distinctive for birds, given the short distance between the ears, which precludes the use of higher frequencies. In such cases, to locate the sound source, the birds fly around the object, orienting themselves with Doppler shifts to identify the direction. This method may be useful for birds looking for other birds, but it can be concluded that the use of infrasound

does not meet the primary objective of repelling predatory birds from the ponds.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

Sensitivity to sound volume is strongly dependent on the frequency of the sound. In general, birds have higher auditory thresholds than humans, which is determined by weak signal amplification in the inner ear.

Like humans, in environments with high levels of ambient noise, birds have two problems: damage to hearing elements due to excessive stimulation, and weak recognition of signals in the presence of the external noise. Both of these problems can occur simultaneously under certain circumstances. Sensitivity reduction requires the use of higher-level signals, which in turn can lead to even greater damage. Unlike humans, birds are provided with partial hearing organ regeneration, which indicates their ability to regain their hearing. Regeneration stops if the bird is exposed to constant noise for long time. When studying the parameters of acoustic signals, it should also be taken into account that birds show appropriate behavioral changes in adapting to ambient noise - for example, by increasing the intensity of the transmitted signals themselves.

Study [3] investigates the hearing of cormorant, including data on the sensitivity of these birds to signals of different frequencies. An analysis of available publications reveals that the sea cormorant best hears sound in the 1-4kHz range, reaching a maximum sensitivity of 2kHz, which is also consistent with other diving birds. It should also be noted that at the 2 kHz the resilience to the external noise interference was observed. The sensitivity range of the cormorant is compared with the hearing characteristics of other birds in Fig.1.

Hearing under water

In total, over 800 different species of birds around the globe feed underwater, resulting in significant differences in their lifestyle, physiology and behavior, which are highly dependent on their adaptation to the aquatic environment.

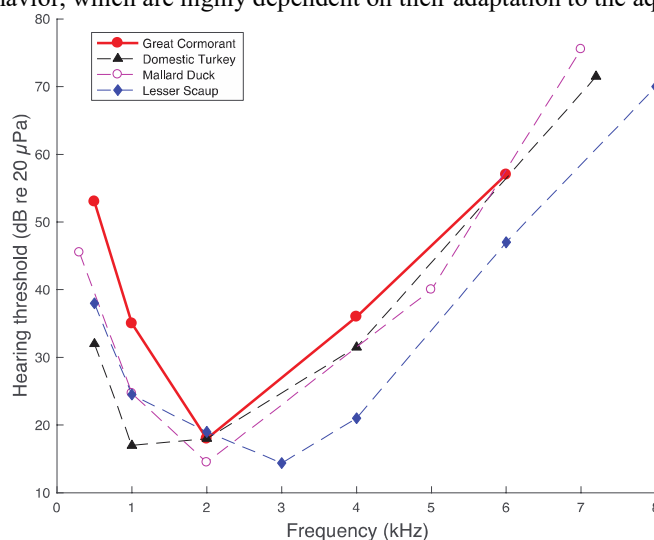


Fig. 1 hearing thresholds in air of some large birds [3].

Many reptiles have been shown to have an adaptive response to underwater hearing. This suggests that birds that feed on water should also have certain adaptation mechanisms. Since water is a well suited medium for sound propagation, birds could effectively use underwater signals for navigation, hunting and also to avoid predators. The use of these types of signals could be particularly useful for birds that, for a while, are tracking the movement of the fish and chasing after them.

Underwater hearing of one of the best underwater carnivores - cormorant has been investigated in [4]. The results summarized in Fig.2 show that this bird exhibits an unexpectedly high sensitivity to underwater sounds.

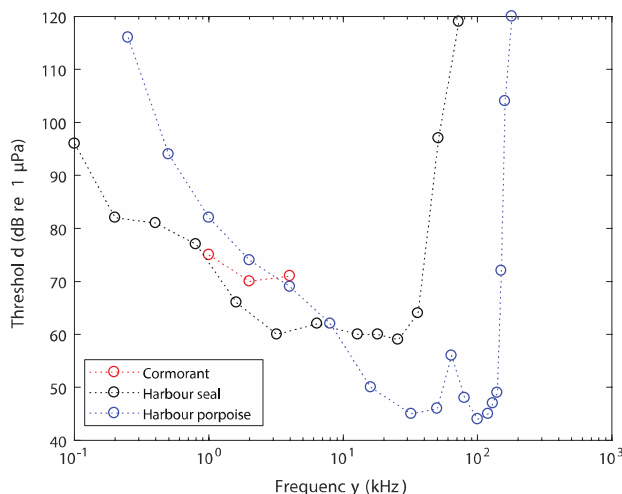


Fig. 2 Hearing thresholds in water of some diving birds in [4]

Experimental data indicate that cormorant underwater hearing at lower frequencies is comparable to dolphin and seal hearing at only 5dB above the hearing threshold of these animals.

The hearing features lead to significantly higher hunting efficiency for these birds. Previously, this type of diving bird was thought to rely on superb vision, which would allow them to dive deeper in good visibility but would limit hunting in low light. The cormorants were later shown to be very effective carnivores in very muddy water and to be able to feed in complete darkness (wintering of these birds during polar night was observed). Therefore, it was concluded that underwater acoustic signals received by birds play a key role during bird feeding. It has also been researched that many fish are capable of generating sound in the range of up to 1kHz and 80dB, which also allows cormorants to locate fish.

ACOUSTIC DETERRENCE OF BIRDS

Waveform properties

Summarizing information on the hearing characteristics of birds, it remains clear that ultrasound and infra-sound are not suitable for repelling birds, although without any scientific or experimental basis, they are used in many devices on the market. In order to generate signals that the birds are able to detect and also to exhibit a particular type of response, an appropriate signal intensity in the frequency range 1-4kHz with peaks corresponding to the sensitivity peaks of the particular target species should be provided.

The signals can be divided into two fundamentally different groups:

- non-biological signals, whether continuous or modulated.
- signals of biological significance.

The first group of signals may be a constant single frequency signal or a broadband noise that does not change frequency or intensity. This type of signal at certain frequencies can be annoying and frightening, however it has been shown that both birds and humans quickly become accustomed to this type of signal. Better results can be achieved by using different types of modulated signals that vary in frequency, amplitude, or both. On the other hand, use of steep signal edges, which ensure that the signal sounds “unexpectedly” are required.

The second group of signals is characterized by a certain biological significance for birds. These can be signals generated by birds of the same species that report certain dangerous situations or the approach of predators. However, several studies have shown that birds become accustomed to these signals over time too, because they are not based on any real physical exposure or threat. Another type of signal is the sound of predators. Cormorant eggs and young cormorants are prey to other predatory birds – eagles, gulls, and crows. It must be taken into account that from the point of view of birds, humans are also carnivores that endanger their lives. Consequently, sounds of predatory birds and sounds that characterize human activity - such as rifle shots - can be used as deterrents.

Audio waveform synthesis review

Sound synthesis is a hot topic in the music industry and there are big variety of analog and digital approaches for acoustic waveform generation. Among them three digital methods are used most widely and have large number of derivatives.

Pulse code modulation (PCM) synthesis.

This is most widely used digital method of sound recording and generation [5]. In case of PCM recording the amplitude of signal waveform is periodically sampled and converted by analog to digital converter (ADC) into digital samples. In case of playback the reverse process happens – the digital samples are converted into analog pulses which by means of low-pass filter are converted into continuous waveform. This mean of synthesis does allow to record and playback sounds with very high accuracy, however adjustment of frequency spectrum and playback speed of the waveform requires substantial amount of computing. As it was mentioned before use of static sounds in the deterrent device is inefficient in long term as birds quickly get accustomed to them.

Wavetable synthesis.

This method has roots in analog sound synthesis where complex waveforms are created by combining several basic analog waveforms, such as sine wave, saw wave or square wave. Unlike analog one the digital synthesizer [6] employs table with digitally stored single periods (in case of time domain sampling) or amplitudes of harmonics (in case of frequency domain sampling) of basic waveforms for the creation of arbitrary musical tones and notes having complex waveforms. This method is good for synthesis of sounds of musical instruments. However, generation of bird songs, having quasi periodic waveforms with rapidly varying spectrum and amplitude is difficult.

Frequency modulation synthesis.

This is most versatile method of the acoustic and other waveform synthesis. It employs frequency modulation (FM) of sine wave for creation of waveforms musical instruments having rich and complex spectra [7]. Digital FM synthesis was employed in many early computer sound generator chips and it is still widely used in musical synthesizers. Considering that the mentioned method allows to efficiently control temporal evolution of acoustic spectra, it suits well for generation of natural sounds, such as bird calls.

Among other methods of FM synthesis, a direct digital synthesis (DDS) [8] allows to implement highly accurate periodic waveform oscillators with digitally controllable in one sample period phase and frequency. Moreover, DDS oscillators ensure phase continuity whenever frequency is changed. Since DDS algorithm relies on integer arithmetic, it can be implemented in almost any microcontroller. An comprehensive review of DDS algorithm is given in [9], [10]. Considering those above-mentioned features and a big variety of DDS chips available on the market, FM synthesis using DDS was selected as sound generation technology in the acoustic deterrent device.

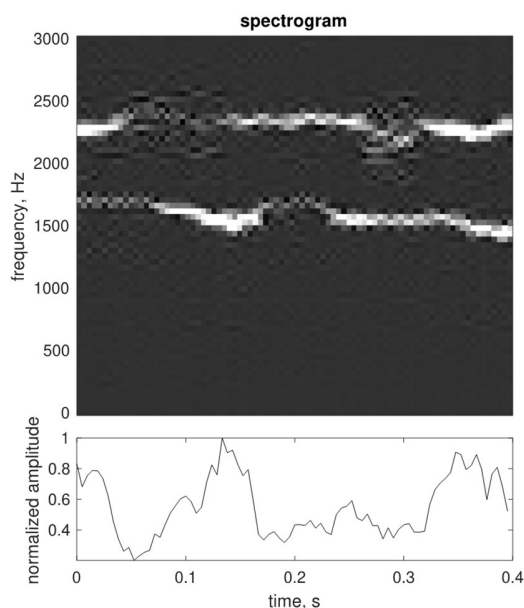


Fig. 3 Spectrogram and envelope of sea eagle call fragment.

Generation of arbitrary sounds using FM synthesis

In publication [7] it has been shown that in FM synthesis allows to generate waveforms with almost any number of harmonics. Moreover author proposes a simplified algorithm how to control amplitudes of those harmonics. Given that envelope of the FM waveform can be controlled too and phase spectrum does not play important role, FM synthesis can be used for generation of rich variety of natural and synthetic sounds.

Following example will show how to use synthesise fragment of sea eagle call shown in Fig.3 using FM synthesis technology described in [7].

Algorithm for the parameter selection is following:

1. Select time: $t=0$.
2. Determine frequencies of harmonics. At time $t=0$ frequencies of harmonics are $f_1=1700\text{Hz}$ and $f_2=2250\text{Hz}$.
3. Calculate carrier frequency: $c=f_1=1700\text{Hz}$
4. Calculate modulating frequency $m=550\text{Hz}$
5. Set modulation index: $I=1$
6. Calculate deviation: $d=I*m=550\text{Hz}$
7. Apply amplitude modulation

Obtained spectrum of the synthesized multi-tone waveform is shown in Fig.4.

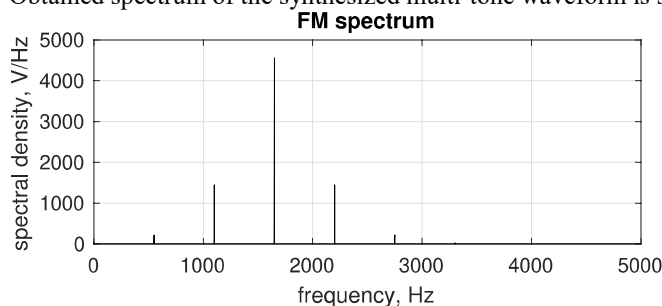


Fig. 4 spectrum of the synthesized signal

Frequency spectrum of many natural sounds, including bird calls, consists of single major frequency component varying in frequency and amplitude over the time. In this case task greatly simplifies as FM synthesis reduces to generation of single carrier signal with varying frequency. Fig.5 shows spectrogram and envelope of bird (hawk) call which has such structure.

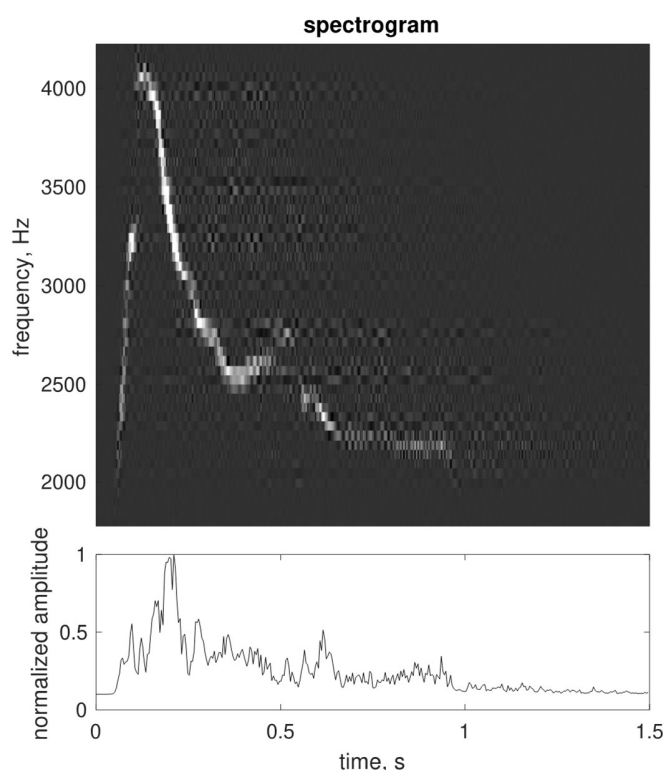


Fig. 5 Spectrogram and envelope of hawk call

Multi-carrier variation of the described method is possible too. For example, authors of [11] use slow modulation of several sinusoidal generators for human voice synthesis. In this case more complex waveforms with many harmonics can be synthesized. However, implementation complexity of such synthesizer is higher than in case of single carrier frequency case.

Conversion from sampled records

Synthesized sounds can be created using some special instrument or converted from records of real sounds. In the latter case much less manual work, however, records with as low as possible background noise must be selected. Moreover, special preprocessing of PCM and post-processing of synthesizer sequences is necessary.

IMPLEMENTATION

Implementation of acoustic deterrent device involved three stages:

- Sound synthesis algorithm has been developed, implemented in software and tested.
- Software synthesizer for generation of synthetic sounds has been built.
- Sound converter for conversion of audio files into synthesizer sequences.
- Hardware for synthesizer have been built and tested.

Sound synthesis algorithm

Considering ease of the implementation, in the prototype of bird acoustic deterrent device uses slow frequency and amplitude modulation of single-carrier sinusoidal signal. In this method at each instant of time there is a single frequency component. Playback sequence consists of table with carrier frequencies, amplitudes and fragment durations. Table II shows format of file where synthesiser sequence is stored.

TABLE II. FORMAT OF SYNTHESISER SEQUENCE

Point ID	Sample count N	1st sample	2nd sample	...	Nth sample	Stop bits
----------	----------------	------------	------------	-----	------------	-----------

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

		Duration	Frequency	Amplitude							
1-254	1-65534	1-250ms with step 1ms	0-5.12kHz with step 20Hz	0-2.55V with step 10mV	D	F	A	...	D	F	A
8 bits	16 bits	8 bits	8 bits	8 bits	24 bits	...	24 bits	16 bits			0xFFFF

Sound synthesizer instrument

Researches have shown that in the acoustic deterrent devices it is possible to use non-biological modulated sounds. For the creation of those sounds a simple MATLAB application has been built. Application window, which is shown in Fig.6 resembles simple musical synthesizer. Using knobs and buttons it is possible set up rules for the amplitude modulation and frequency modulation of the waveform.

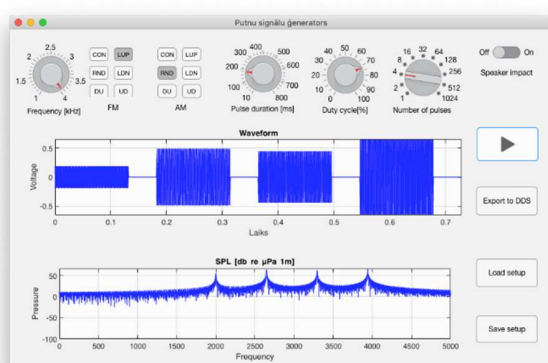


Fig. 6 Waveform synthesizer instrument window

Audio file converter

For the preparation of synthesizer sequences conversion from audio recordings were used. Conversion were made by specially created converter “mp3dds”, implemented in MATLAB. Fig. 7 depicts conversion algorithm:

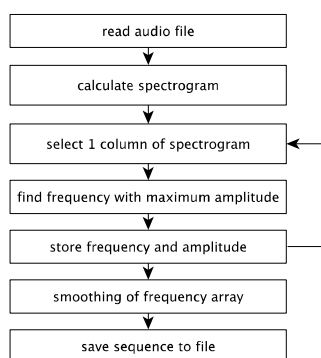


Fig. 7 Algorithm of audio file converter to synthesizer sequence

Provided MATLAB script allows to create files in custom format, described in Table II. At the end of conversion, the program visualizes frequency selection process by showing spectrogram of the original file with overlay showing synthesized waveform frequencies. From Fig. 8 which shows example output of the conversion program can be concluded that there is a good match between frequency content in the original audio file (white) and synthesized sound (green).

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

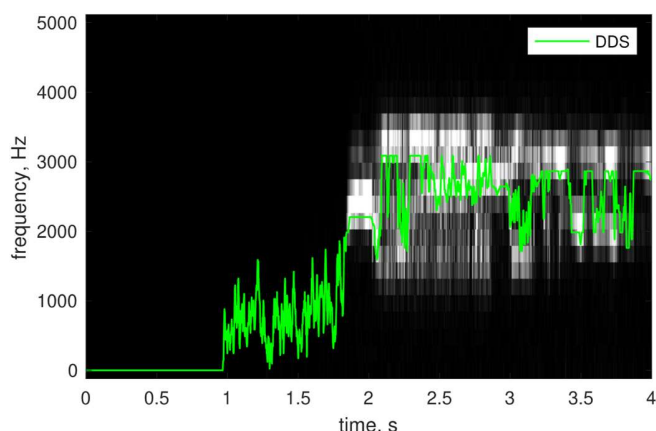


Fig. 8 Audio file converter output visualization

Software player

For the testing of the created files with synthesizer sequences a simple player program has been created. In order to ensure portability of the player it has been written in Python (version 3) programming language. The graphical user interface (GUI) of the program is based on “PyQt5” and “matplotlib” frameworks, whereas sound processing and playback uses “pyaudio” and “numpy” libraries. Fig. 9 depicts window of the simple software player of synthesizer sequences.

Hardware player

In the prototype device, deployed to the fishponds, a hardware player of synthesizer sequences has been used. Player was implemented using Arduino Nano board based on ATmega328 microcontroller unit in conjunction with board based on AD9850 DDS Synthesizer.

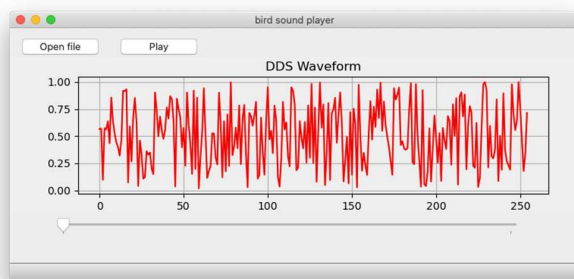


Fig. 9 Software-based sound player window

This solution allowed to achieve compact size and high flexibility of sound generator unit.

CONCLUSIONS

In this paper a design and implementation of acoustic deterrent device for fishponds has been reported. Bird hearing and impact of acoustic devices on the bird behavior has been made before selection of methods for sound generation. Selection of acoustic signal generator design is based on the analysis of major sound synthesis approaches used for music and speech processing.

Major advantages of the presented solution is employment of DDS-based FM synthesis technology for sound generation. It allows to generate wide variety of natural and synthetic sounds and provides means for elimination of sound repetition which leads to the habituation of the birds. Moreover, the presented solutions for sound processing, i.e. sound synthesizer instrument, conversion from PCM recorded files could be useful for other scientists dealing with sound generation for various purposes. All described programs are freely available upon request from the authors.

Although it is critical for the deterrence of birds, inability of the programs to generate complex sounds with multiple harmonics can be considered as one of the shortcomings which has to be improved in the future.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

REFERENCES

- [1] M. Cosolo, P. Utmar, F. Roppa, and S. Sponza, “Interactions between fish resources and Cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Grado and Marano lagoon (NE Italy),” *Acrocephalus*, vol. 30, no. 140, pp. 17–23, 2009, doi: 10.2478/v10100-009-0002-9.
- [2] R. Beason, “What Can Birds Hear?,” *USDA Natl. Wildl. Res. Cent. - Staff Publ.*, Sep. 2004.
- [3] A. Maxwell, K. A. Hansen, S. T. Ortiz, O. N. Larsen, U. Siebert, and M. Wahlberg, “In-air hearing of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*),” *Biol. Open*, vol. 6, no. 4, pp. 496–502, 2017, doi: 10.1242/bio.023879.
- [4] K. A. Hansen, A. Maxwell, U. Siebert, O. N. Larsen, and M. Wahlberg, “Great cormorants (*Phalacrocorax carbo*) can detect auditory cues while diving,” *Sci. Nat.*, vol. 104, no. 5–6, p. 45, Jun. 2017, doi: 10.1007/s00114-017-1467-3.
- [5] T. Fine, “The Dawn of Commercial Digital Recording,” *ARSC J.*, vol. 39, no. 1, p. 289, 2008.
- [6] U. Andresen, “A New Way in Sound Synthesis,” p. 1434, Mar. 1979.
- [7] J. M. Chowning, “The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation,” *AES J. Audio Eng. Soc.*, vol. 21, no. 7, pp. 526–534, 1973.
- [8] J. Terney, C. M. Rader, and B. Gold, “A Digital Frequency Synthesizer,” *IEEE Trans. Audio Electroacoust.*, vol. 19, no. 1, pp. 48–57, Mar. 1971, doi: 10.1109/TAU.1971.1162151.
- [9] L. Cordesses, “Direct digital synthesis: A tool for periodic wave generation (Part 1),” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 21, no. 4, pp. 50–54, Jul. 2004, doi: 10.1109/MSP.2004.1311140.
- [10] L. Cordesses, “Direct digital synthesis: A tool for periodic wave generation (Part 2),” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 21, no. 5, pp. 110–117, Sep. 2004, doi: 10.1109/MSP.2004.1328096.
- [11] P. Assmann, W. Ballard, L. Bornstein, and D. Paschall, “Track-draw: A graphical interface for controlling the parameters of a speech synthesizer,” *Behav. Res. Methods, Instruments, Comput.*, vol. 26, no. 4, pp. 431–436, 1994, doi: 10.3758/BF03204661.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

5. U4.2 Populāri-zinātniskā raksta izstrāde (RTU) 19.-24.mēn.

AP4.2 Sagatavots populāri- zinātnisks raksts



Hibrīdās akustiski-optiskās sistēmas testēšana zivēdājputnu atbaidīšanai no Latvijas zivju audzētavām

Dmitrijs Pikuljins, Mārcis Ziņģis, Sergejs Tjukovs, Artūrs Āboltiņš, Juris Grizāns, Jānis Eidaks, Roberts Gotlaufs.

IEVADS

Konflikti starp plēsējputniem un cilvēkiem ir novērojami jau gadu simtiem, it īpaši tie saasinās kad cilvēku un putnu interešu objekti sakrīt. Tomēr tieši pēdējos gados īpaša uzmanība tiek veltīta zivsaimniecības attīstības ietekmes izpētei uz dažādu sugu plēsējputnu izplatīšanas un populācijas attīstības dinamiku. Tiek intensīvi pētīts arī atgriezenisks efekts- kā šo putnu izplatīšanās un skaita pieaugums ietekmē dažādu valstu zivju krājumus. Minētā putnu-cilvēku mijiedarbība radīja priekšnosacījumus konfliktam: putnu migrācija un aktīva zivju resursu izmantošana noved pie manāmām izmaiņām pieejamo zivju resursu apjomos, apdraudot gan komerciālo gan tūrisma akvakultūras objektu attīstību.

Populārākās plēsējputnu sugas Eiropā, kas apdraud arī Latvijas zivsaimniecības ir gārņi, ķīri, jūras kraukļi, zivju un jūras ērgļi. Tomēr no visām minētām putnu sugām īpaši izceļams ir jūras krauklis (kormorāns). Tiek atzīmēts, ka pēdējo 5 gadu laikā visstraujākais jūras kraukļu skaita pieaugums ir novērojams tieši Baltijas jūras apkārtnē, kur tas ir palielinājies vismaz par 86 000 īpatņiem [1].

Balstoties uz minēto novērojumu rezultātiem, tiek izteikts pamatots apgalvojums, ka mūsdienās šo putnu skaits Eiropā ir sasniedzis savu pēdējo 150 gadu maksimumu [1]. Putni sāk atgriezties savās vecajās ligzdošanas vietās, kur tie nebija manīti gadu desmitiem, kā arī atrodas pastāvīgos jauno koloniju izveides vietas meklējumos. Jūras krauklis ir ļoti mobils putns, kas spēj pārvietoties par vairākiem simtiem kilometru starp ligzdošanas kolonijām visa gada garumā.

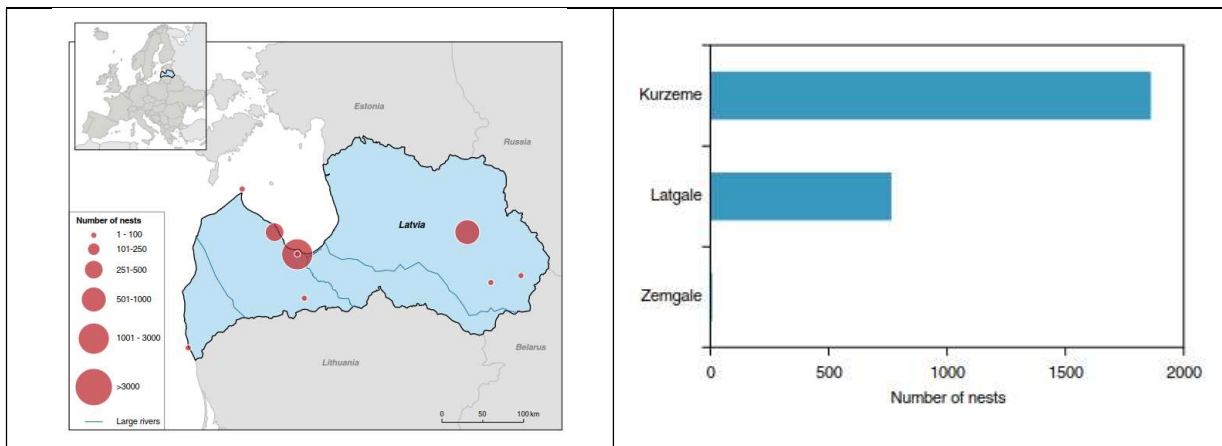
Pētījumi rāda [2], ka aizvien pieaugošs minēto plēsējputnu skaits Eiropā noved pie nopietniem zaudējumiem zivsaimniecībās, kuru tuvumā tie ligzdo, kā arī rada manāmas izmaiņas ekosistēmās, samazinot bioloģisko daudzveidību.

Saskaņā ar avota [3] datiem 2012. gadā Latvijā tika konstatēti 3106 jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) pāri (6212 īpatņi), kas bija apvienojušies vismaz 9 lielās kolonijās. Īpaši pievilcīgu Latviju priekš jūras kraukļiem padara mazs dabīgo ienaidnieku skaits, lieli zivju resursu krājumi, kuru aizsardzībai no plēsējputniem dotajā brīdī netiek izmantots neviens efektīvs līdzeklis. Šāds jūras kraukļu skaita pieaugums aizvien vairāk apdraud dīkšsaimniecības Latvijā, kur tā aizņem nozīmīgu akvakultūras sektora daļu un turpina attīstīties.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



1.att. Jūras kraukļu koloniju izplatība un lielums (ligzdu skaits) Latvijā saskaņā ar 2012. gada datiem [3]

Tika pierādīts, plēsējputni spēj iznīcināt milzīgus zivju apjomus gan dabiskajās, gan arī mākslīgajās ūdens tilpnēs. Apskatīsim to uz labāk izpētīta jūras kraukļa piemēra, kas patērē sākot ar 441g līdz 1095g/dienā (vidēji 672g/dienā) [5].

Tādējādi ir iespējams veikt provizorisku zaudējumu novērtējumu. Kā jau tika atzīmēts, 2012. gadā Latvijā bija sastopami ap 6000 jūras kraukļu, katrs no kuriem patērē ap 0.6 kg zivju dienā. Jūras kraukļu uzturēšanas periods Latvijā ir no aprīļa līdz septembrim (ap 180 dienām).

Izrēķinot kopējo provizorisko jūras kraukļu apēsto zivju apjomu gada laikā, iegūstam $6000 \cdot 0.6 \cdot 180 = 648$ t/gadā.

Pie aprēķiniem jāpiezīmē, ka jūras kraukļu skaits tika ņemts no 2012. gada datiem, kad notika šo plēsējputnu skaitīšana. Ņemot vērā straujo putnu skaita pieaugumu (līdz 10% gadā) šīm skaitlīm uz 2020. gadu ir jābūt krietni lielākam.

Eksistējošie konflikta risinājumi

Plēsējputnu radīto zaudējumu samazināšanai tiek izmantots plašs līdzekļu klāsts, kas dažādu apsvērumu dēļ izrādās neefektīvi:

- Daudzās Eiropas valstīs (Dānijā, Igaunijā, Vācijā, Somijā, Francijā, Īrijā, Ungārijā, Nīderlandē utt.) tiek izsniegtas atļaujas **plēsējputnu atšaušanai**. Tomēr Eiropas prakse parāda, ka efekts ir ļoti īslaicīgs un, pateicoties putnu mobilitātei un izplatībai, to populācijas skaits novērojamos apgabalos, saglabājoties pietiekamiem zivju resursiem atjaunojas dažu nedēļu laikā.
- Olu apstrāde un iznīcināšana** sniedz tikai lokālu īslaicīgu efektu, pie kad daudzos gadījumos ir ļoti apgrūtināta, jo metode pielietojama tikai kolonijām ar uz zemes izvietotām ligzdām, jo ir nepieciešamā tiešā piekļuve olām; nav pielietojama Latvijas kolonijām, 89% no kurām izvietojas uz kokiem.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

- Tiek praktizēta akvakultūras objektiem **pieguļošo teritoriju modificēšana**, veicot koku iznīcināšanu ūdenstilpņu tuvumā, kuros putni iekārto ligzdas. Vairāki pētījumi rāda, ka dotā metode, pieprasot lielus ieguldījumus, nesniedz sagaidāmo putnu pazušanas efektu.
- **Izslēgšanas metodes**, ierobežojot putnu piekļuvi zivju resursiem, izmantojot tīklus, vadus, citas specifiskas konstrukcijas, ir apgrūtināts lielās ūdenstilpnēs un pieprasa regulāru uzkopšanu.
- **Kompensācijas par putnu nodarītiem zaudējumiem** sniedz atbalstu zivju audzētavām, bet pēc būtības “subsīdē plēsējputnu barošanu”.

Tika pierādīts, ka Eiropā vislabākos rezultātus ļauj sasniegt dažāda tipa tehnisko līdzekļu pielietošana putnu atbaidīšanai no ūdenstilpnēm: akustiskie atbaidītāji (sprāgstvielas, pirotehnika, gāzes lielgabali, ultraskaņas atbaidītāji utt.); vizuālie atbaidītāji (atstarojošās plēves, lāzeri, gaismas, ūdens strūkļas, biedēkļi utt.); radiovadāmo modeļu izmantošana (radiovadāmie droni, mašīnas, lavas); ķīmiskie atbaidītāji.

Tomēr katrai no minētām atbaidīšanas metodēm piemīt virkne trūkumu gan darbības efektivitātes, gan apkalpošanas, gan arī nesamērīgi lielu izmaksu ziņā. Izmēģinājumi rāda, ka lai nodrošinātu efektīvu putnu atbaidīšanu ir jāizmanto metožu komplekss, mainot atbaidīto objektu parametrus un izvietojumu. Līdz ar to rodas nepieciešamība pēc inovatīvās hibrīdās sistēmas izstrādes, kas ļautu novērst iepriekš aprakstīto metožu nepilnības un piedāvāt arī jaunu funkcionalitāti.

Hibrīdā akustiski-optiskā sistēma putnu atbaidīšanai (HAOS)

2018. gadā Rīgas Tehniskās universitātes Radioelektronikas institūtā sadarbībā ar Latvijas Zivju Audzētāju Asociāciju tika uzsākta Eiropas Jūrlietu un Zivsaimniecības fonda finansētā projekta “Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001 realizācija. Projekta ietvaros tika izstrādāta sistēma, kas apvieno sevī lāzerus ar virzošu sistēmu un brīvi programmējamus virsūdens un zemūdens akustisko signālu ģeneratorus, nodrošinot hibrīdu augstas efektivitātes ūdenstilpņu aizsardzību no plēsējputniem.

Galvenās izveidotās sistēmas novitātes, salīdzinot ar tirgū eksistējošām sistēmām ir:

- hibrīdā problēmas risināšanas pieeja, izmantojot vismaz divas atbaidīšanas metodes;
- spēja funkcionēt automātiski bez tiešās cilvēka iesaistīšanas;
- putnu pierāšanas izslēgšana, pielietojot specifiskus akustisko un optisko signālu izmaiņas algoritmus;
- paaugstināts autonomās darbības laiks, pateicoties alternatīvās enerģijas avotu izmantošanai, kā arī baterijas uzlādes līmenim pieskaņojot signālu raidīšanas algoritmiem;
- pārskatīšanas un diagnostikas iespēju realizācija, izmantojot bezvadu sakaru interfeisu;
- potenciāli zemākas iegādes un ekspluatācijas izmaksas Latvijas zivju audzētavām.

Sistēma sastāv no vairākām saistītām komponentēm:

- stacionārās iekārtas, kas ir novietojama krastā un iekļauj sevī vadības plati, sakaru interfeisus, akustisko signālu ģeneratoru, kā arī 1 vai 2 lāzerus ar atbilstošām virzošām sistēmām;
- autonomā plota, kurā ir izvietoti virsūdens un zemūdens signālu ģeneratori, kas novietojams ūdenstilpnes vidusdaļā.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



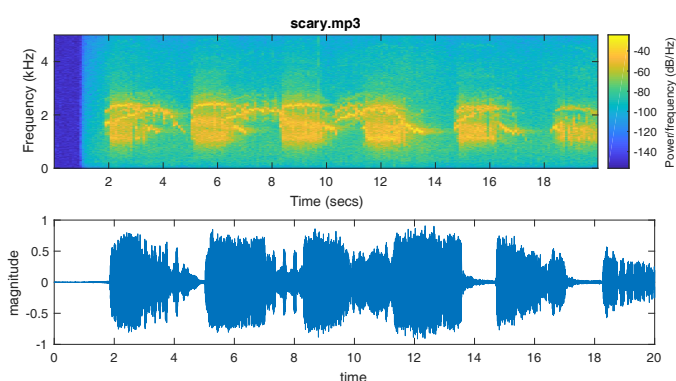
2.att. Stacionāra krastā izvietojamā sistēma



3.att. Autonomais plosts

Sistēmas darbība balstās uz putnu atbaidīšanu ar periodisku ūdenstilpnes apstarošanu ar dažādas intensitātes un viļņu garuma izkliedētu lāzera starojumu, ko putni uztver kā fizisku draudu, kā arī periodiskiem virsūdens un zemūdens akustiskiem signāliem.

Sistēmas komponentu izstrāde un parametru izvēle, tika saskaņota gan ar Latvijā sastopamo plēsējputnu dzirdes un redzes īpatnībām un paradumiem, gan arī ar audzējamo zivju audiogrammām, kas ļāva izveidot sistēmu ar maksimālu iedarbību putnu uztveršanas diapazonos, un minimālu ietekmi uz zivīm.



4.att. Sistēmā izmantojamo akustisko signālu piemērs

Testēšana un rezultāti

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Saskaņā ar izstrādāto plānu sadarbībā ar LZAA un RTU pētniekiem 2019. gadā tika uzsākta prototipa testēšana vairākās Latvijas zivju audzētavās, kā arī aparatūras pieskaņošana un parametru optimizēšana. Testēšana reālos apstākļos bija pamīšus ar testēšanu laboratorijas apstākļos un iekārtas uzlabošanu, pamatojoties uz novērojumiem iegūtajiem rezultātiem. Testēšanas rezultātu novērtēšanai tika piesaistīti ZI BIOR speciālisti, kas ļāva veikt profesionālu iegūto datu analīzi, kā arī sniedza norādījumus un padomus iekārtas optimizēšanai.

Prototipu darbības efektivitātes testēšanas laikā novērojumus veica drošā attālumā no slēpņa, lai netiktu iztraucēti putni no cilvēku klātbūtnes. Veica rezultātu fiksēšanu un protokolēšanu, īpašu uzmanību pievēršot laikapstākļiem, gaismas intensitātei, iekārtas darbības attālumiem, zivju uzvedībai, u.c. faktoriem. Prototipu darbības novērošanas laikā pētnieki izmantoja specializētu apģērbu maskēšanās krāsā. Kā slēpni ilgstošai novērošanai izmantoja putnu novērošanas telts.



5.att. Testēšanas laikā izmantotā putnu novērošanās telts

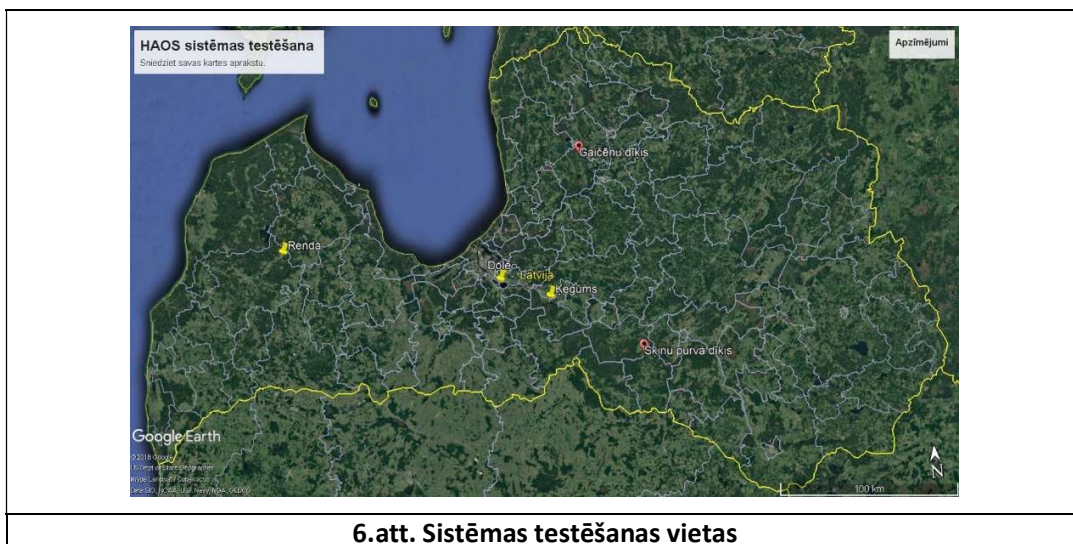
Novērošanas laikā eksperti izmantoja tālskati, gaismas intensitātes un attāluma mērītāju. Procesus fiksēja novērojumu tabulās, kur tika ierakstīta pamatinformācija, vieta, datums, novērošanas laiks, ilgums un pēc tam sekoja sīkaks apstākļu un notikumu apraksts. Reģistrēja laikapstākļus, putnu sugas, to aptuveno attālumu līdz prototipa komponentēm, putnu uzvedību, gaismas intensitāti u.c. Iespēju robežās fiksēja notiekošo blakus dīķos, pāri dīķiem lidojošos putnus un to uzvedību. Novērojumus veica dažādos iespējamajos laikapstākļos no tumsas līdz tumsai.

Testēšana notika dažādos Latvijas reģionos, dažāda izmēra un pielietojuma dīķos, kas ļāva objektīvi novērtēt izstrādātās sistēmas efektivitāti un izpētīt to ietekmējošus faktorus.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



6.att. Sistēmas testēšanas vietas

1. Pirmās testēšanas vietas bija ZI BIOR zivju audzētavas Tome filiāles Dole vimbu mazuļu (0+) audzēšanas dīķi. Iekārtas darbības laikā bija vairāki 0,9 ha lieli dīķi. Parāli otru HAOS prototipu testēja ZI BIOR zivju audzētavas Tome Ķeguma zandartu mazuļu (0+) audzēšanas dīķos.
Noslēdzot testēšanu, pēc sākotnējo rezultātu un atsauksmju apkopošanas tika secināts, ka putni tiek iztraucēti - iekārtai strādājot to skaits ir mazāks, tomēr sākotnējās sistēmas vadības algoritmu trūkumu dēļ tika novērota arī putnu pierašana. Vadības algoritmi tika pārstrādāti un uzlaboti, atbilstoši testēšanā iesaistīto speciālistu norādījumiem un testēšana tika turpināta.
2. Nākamā testēšana notika ZS “Ūdensrozes” divvasaras (1+) karpu mazuļu audzēšanas dīķī, Gaičēnu dīķī, kas atrodas Stalbes pagastā netālu no Daibes. Dīķa platība 8 ha.
Prototipa testēšana, pateicoties veiktajiem uzlabojumiem, uzrādīja daudz labākus rezultātus. Zivēdājputnu situācija dīķī pēc iekārtas uzstādīšanas būtiski izmainījās uz labo pusi, putni tika novēroti ļoti reti. Novērojumos vairākkārt redzēja jūras kraukļus pārlidojam virs dīķa grupās ap 5-6 putniem. Reti konstatēja atsevišķa jūra kraukļa esamību dīķa apgabalos, kuros nesniedzās lāzera stars.
Vēl retāk redzēja putnu neilgu laiku uzturoties dīķī ≈ 150 m attālumā no pļostas un ≈ 270 m attālumā no lāzera iekārtas. Novēroja jūras kraukļu, meža pīļu un gulbju riņķošanu virs dīķa, kam tālāk seko putnu aizlidošana prom. Pēc zivju audzētavas darbinieku teiktā, prototipam strādājot dīķī, putni no dīķa tikpat kā pazuda.
Atsevišķi novietotā tikai skaņas ierīce šī uzņēmuma ziemas dīķos, uzrādīja vāju efektu. Putnu skaits samazinājās, bet pēc pāris stundām, tiem pierodot pie skaņas iekārtas, drošākie gārņi medīja zivis pat 20 m attālumā no atbaidītāja.

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

3. Septembra beigās notika prototipa testēšana Sēlijā pie Sunākstes akvakultūras dzīvnieku audzēšanas uzņēmuma SIA “W4” Šķiņu purva dīķī, kurā pamatprodukcija ir preču izmēra karpas vecumā 2+. Dīķa kopējā platība ir 47 ha.
Putnu atbaidīšanas iekārtas prototipa testēšanas laikā iekārta uzrādīja tūlītēju efektu pēc tās uzstādīšanas. Ūdensputnu skaits nevis samazinājās, bet tikpat kā pazuda, paliekot tikai gaismas staram neaizsniedzamās vietās, dīķa līčos. Novērojumu rezultāti liecina par ļoti labu virs ūdens horizontālajā plaknē strādājošā lāzera darbību, pat >800 m attālumā. Testēšanas laikā atslēdzot iekārtu, vidēji pēc 30 min pirmie atlidoja gārņi, ieslēdzot tie aizlidoja. Arī nozvejas laikā saimniecības darbinieki apliecināja, ka zivēdājputnu daudzums ir ļoti mazs nekā parasti šādās situācijā.
4. Pēdējā prototipa testēšanas vieta oktobrī un novembrī bija Kurzemē pie Rendas zivju audzēšanas uzņēmumā “Rimzāti, Kuldīgas rajona V.Kancāna individuālais uzņēmums”. Iekārtas prototipa testēšana ziemas dīķos uzrādīja ļoti labus rezultātus. Pēc uzņēmuma īpašnieka, ar vairāk nekā 30 gadu zivju audzēšanas stāžu, teiktā putnu problēma ziemas dīķos tika pilnībā atrisināta. Gaismas staru iekārtas efektu novēroja ne tikai dīķos, kurus tie pārklāja, bet arī blakus esošajos dīķos. Iekārtu uzstādīja abos vienasaras karpu mazuļu dīķos un iekārtai strādājot tie pilnībā bija aizsargāti. Novērojumu rezultāti liecina, ka atbaidītājs atstāja pozitīvu ietekmi arī uz ūdriem, tos aizbaidot.

Secinājumi un nākotnes plāni

Balstoties uz 2019. gadā veikto aktīvo sistēmas testēšanu ir iespējams izdarīt vairākus secinājumus:

7. HAOS prototipa testēšana vairākās zivju audzētavās izrādīja pozitīvu efektu vai nu krietni samazinot putnu skaitu, vai arī pilnībā izslēdzot putnu parādīšanos iekārtas darbības apgabalā;
8. testēšanas laikā netika novēroti zemūdens skaņas iekārtas negatīvu ietekmi uz zivīm;
9. ja dīķi tiek uzstādīti tikai akustiskās komponentes- t.i. autonomais plostis, putni samērā ātri pierod pie raidītām virsūdens skaņām, ieturot zināmu attālumu;
10. pie spilgtāka apgaismojuma lāzera staru ierīcēm mazinās efekts;
11. iekārtas darbība atstāja pozitīvu efektu arī uz ūdru atbaidīšanu.

Dotajā brīdī top vairāki esošās sistēmas uzlabojumi, kas ļaus palielināt iekārtas darbības efektivitāti, nodrošināt arī stacionārās iekārtas autonomo darbību bez nepieciešamības pieslēgties rūpnieciskam tīklam, kā arī ļaus pašiem zivsaimniekiem bez pētnieku starpniecības veikt iekārtas uzstādīšanu un pieskaņošanu. 2020.gadā tiek plānots turpināt uzlabotās sistēmas testēšanu vairākās Latvijas dīķsaimniecībās.

Izmantotā literatūra

[1] Cormorant number and Distributions ,

Pieejams <http://ec.europa.eu/environment/nature/cormorants/numbers-and-distribution.htm>

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

[2] Report of the EIFAC Workshop on a European Cormorant Management Plan Bonn, Germany, 20–21 November 2007.

Pieejams: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0210e/i0210e00.pdf>

[3] Millers, K., 2014: Status of the breeding population of Great Cormorants in Latvia in 2012. – In: Bregnballe, T., Lynch, J., Parz-Gollner, R., Marion, L., Volponi, S., Paquet, J.-Y., Carss, D.N. & van Eerden, M.R. (eds.): Breeding numbers of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Western Palearctic, 2012-2013. – IUCN-Wetlands International Cormorant Research Group Report. Scientific report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University. No. 99: 136-139. Pieejams: <http://dce2.au.dk/pub/SR99.pdf>

[4] <http://dce.au.dk/udgivelser/vr/nr-51-100/abstracts/no-99-breeding-numbers-of-great-cormorants-phalacrocorax-carbo-in-the-western-palearctic-2012-2013/>

[5] Modelling the daily food requirements of wintering great cormorants: a bioenergetics tool for wildlife management, 2009

Pieejams: <http://www.nativefishlab.net/library/internalpdf/21337.pdf>

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

PIELIKUMI

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde
nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai
Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

1. ūdens moduļa 12 V akumulatora sprieguma mērījumu rezultāti testu laikā

Datums	Laiks																							Statistika			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Min	Max	Average
07.09	13,13	13,05	13,03	13,05	13,05	12,99	13,07	12,99	13,13	13,91	14,46	14,09	14,21	14,28	14,37	14,32	13,7	14,24	14,3	14	13,47	13,4	13,31	13,26	12,99	14,46	13,62
08.09	13,29	13,18	13,21	13,07	13,1	12,66	13,08	12,51	13,06	13,35	13,99	14,14	14,28	14,16	14,24	14,38	13,57	14,24	14,31	13,18	13,46	13,4	13,23	13,31	12,51	14,38	13,52
09.09	13,12	13,26	13,03	13,18	13,19	13,13	13,07	13,1	13,17	14,04	14,23	14,27	14,23	14,09	14,25	14,29	13,64	14,37	14,39	14,29	13,39	13,39	13,38	13,3	13,03	14,39	13,66
10.09	12,45	13,25	13,2	13,24	13,12	13,08	13,06	13,03	13,18	13,65	14,21	14,23	14,27	14,22	14,13	14,33	14,37	14,56	13,88	13,4	13,38	13,33	13,18	13,27	12,45	14,56	13,58
11.09	12,79	13,23	13,16	13,16	13,08	13,13	13,1	13,09	13,13	14,12	14,5	14,05	14,19	14,21	14,24	14,23	14,27	13,42	14,15	13,56	13,31	13,38	13,31	13,3	12,79	14,5	13,59
12.09	13,29	13,24	13,18	13,24	13,13	13,16	13,09	13,05	13,06	14,11	14,16	14,23	14,25	13,83	14,31	13,84	14,16	14,26	13,64	13,76	13,38	13,35	12,88	13,32	12,88	14,31	13,58
13.09	13,2	13,03	13,2	13,2	13,12	13,1	13,07	12,99	13,03	13,32	13,78	13,64	13,79	13,84	13,64	13,39	14	13,86	13,66	13,95	13,38	13,29	13,26	13,18	12,99	14	13,41
14.09	13,16	13,18	12,86	13,13	13,03	13,04	12,58	12,81	13,01	14,09	14,25	13,48	13,36	14,24	14,26	14,31	14,2	14,29	14,21	13,46	13,33	13,3	13,26	13,29	12,58	14,31	13,51
15.09	13,32	13,2	13,16	13,21	13,14	13,18	13,08	13,07	13,01	12,66	13,06	13,02	12,88	13,37	13,24	12,72	12,85	12,6	12,97	13,05	12,99	12,99	12,99	13,03	12,6	13,37	13,03
16.09	12,99	12,99	13	12,98	12,9	12,97	12,96	12,94	12,93	13,36	13,66	13,49	13,76	14,39	14,06	14,2	14,24	13,94	14,13	14,04	13,4	13,43	13,32	13,37	12,9	14,39	13,48
17.09	13,26	13,24	13,27	13,25	13,19	13,22	13,02	13,12	13,38	13,14	13,69	13,55	13,9	14,12	14,18	14,16	14,23	14,16	14,26	13,61	13,33	13,36	13,28	13,28	13,02	14,26	13,55
18.09	13,27	13,19	13,15	13,13	13,19	13,11	13,16	13,14	13,07	12,86	13,91	14,41	14,22	14,16	14,22	14,23	14,19	14,23	14,24	13,61	13,16	13,31	13,18	13,29	12,86	14,41	13,57
19.09	13,21	13,18	13,19	13,11	13,05	12,99	13,03	12,76	13,03	13,94	14,31	14,2	14,2	14,22	14,18	14,24	14,17	14,25	13,5	13,44	13,3	13,31	13,26	13,2	12,76	14,31	13,55
20.09	13,24	13,24	13,18	13,12	13,13	13,08	13,1	12,97	13,03	14,23	14,24	14,22	14,24	13,72	14,16	14,16	14,2	13,41	14,24	13,37	13,31	13,29	13,29	13,27	12,97	14,24	13,56
21.09	13,23	13,18	13,03	13,18	13,14	12,73	13,08	13,06	13,05	13,08	13,44	13,34	13,26	14,26	14,17	13,79	14,06	13,91	13,72	13,42	13,33	13,33	13,28	13,32	12,73	14,26	13,39
22.09	13,28	13,18	13,16	13,19	13,17	13,06	13,12	13,02	13,03	13,1	13,13	13,85	13,93	14,03	14,1	14,16	14,22	14,23	13,86	13,48	13,32	13,35	13,24	13,29	13,02	14,23	13,48
23.09	13,17	13,19	13,11	13,15	13,18	12,99	12,99	13,03	13	14,11	14,28	14,22	14,18	14,36	14,16	14,25	14,18	14,24	14,04	13,46	13,33	13,25	13,26	13,25	12,99	14,36	13,60
24.09	13,18	13,2	13,11	13,09	13,02	12,99	13	12,86	12,96	13,29	13,79	14,29	14,2	14,24	14,19	14,18	14,16	14,24	13,91	13,42	13,31	13,33	13,18	13,29	12,86	14,29	13,52
25.09	13,1	13,2	13,18	13,16	13,06	13,08	13,01	12,96	13,02	12,94	13,29	13,91	14,23	14,19	14,24	14,27	14,2	14	13,87	13,7	13,33	13,33	13,22	13,23	12,94	14,27	13,49
26.09	12,9	13,15	13,16	13,14	12,99	13,01	12,95	13	12,95	13	13,22	14,09	14,35	14,27	14,25	14,1	14,19	14,39	14,3	13,16	13,12	13,26	13,26	13,28	12,9	14,39	13,48
27.09	13,21	13,14	13,19	13,04	13,18	13,1	13,03	12,96	12,97	13,1	13,13	14,01	14,38	14,26	14,24	13,78	14,25	14,24	14,21	13,25	13,43	13,33	13,26	13,27	12,96	14,38	13,50
28.09	13,26	13,18	13,16	13,08	12,73	12,97	13,06	12,91	13,04	13,03	13,2	14,06	14,42	14,26	14,29	14,23	14,27	13,84	13,48	13,4	13,33	13,33	13,33	13,26	12,73	14,42	13,46
29.09	13,18	13,17	13,23	12,84	13,06	13,08	13,03	12,96	12,97	12,67	13,11	13,07	13,32	13,76	14,01	14,1	13,93	14,27	13,91	12,96	13,31	13,3	13,31	12,82	12,67	14,27	13,31
30.09	13,26	13,26	13,25	12,81	13,14	13,19	13,14	13,04	12,99	13,06	13,08	13,8	13,98	13,76	13,64	13,71	14,23	14,22	13,49	13,33	13,31	13,32	13,27	13,29	12,81	14,23	13,40
01.10	13,19	13,18	13,15	13,19	13,12	13,08	13,08	13	12,97	13,05	13,46	14,09	14,44	14,22	14,19	14,25	14,16	14,21	14,18	13,48	13,35	13,3	13,25	13,21	12,97	14,44	13,53

DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

02.10	13,2	13,06	13,2	13,2	13,05	13,11	13,06	12,63	13,04	13,03	12,97	13,69	13,89	13,84	14,18	13,99	14,12	13,74	13,42	13,32	13,33	13,33	13,32	13,31	12,63	14,18	13,38
03.10	13,26	13,18	13,13	13,18	13,16	13,03	12,99	12,59	13,01	13,06	13,08	13,23	13,64	13,97	14,03	14,41	14,12	13,83	14,23	13,41	13,39	13,3	13,32	13,27	12,59	14,41	13,41
04.10	13,08	13,24	13,23	13,11	12,86	13,12	12,91	13,03	12,91	13	13,29	13,57	13,67	13,92	13,94	14,23	14,17	14,2	13,26	13,44	13,34	13,3	13,27	13,17	12,86	14,23	13,39
05.10	12,83	13,22	12,8	13,13	13,03	12,88	12,91	12,82	12,77	12,91	13,41	13,86	13,98	14,11	14,16	14,16	14,08	13,74	13,72	13,4	13,36	13,32	13,25	13,22	12,77	14,16	13,38
06.10	13,13	13,07	13,12	13,01	13,13	13,03	12,96	12,96	12,96	12,49	13,33	14,16	14,3	14,12	14,18	14,18	13,91	13,56	13,52	13,34	13,33	13,31	13,18	13,23	12,49	14,3	13,40
07.10	13,18	13,16	13,1	13,02	13,04	12,97	12,97	12,41	12,89	12,9	13,01	13,94	14,37	13,94	14,21	14,37	13,59	14	13,64	13,21	13,26	13,24	13,25	13,18	12,41	14,37	13,37
08.10	13,24	13,18	12,99	12,74	13,04	13,11	12,71	12,95	12,87	12,88	13,14	13,65	14,11	14,08	14,16	14,22	14,13	14,16	13,79	13,37	13,29	13,31	13,31	13,27	12,71	14,22	13,40
09.10	13,24	13,14	13,17	13,16	13,16	13,08	13,06	12,96	12,96	12,98	13,23	13,67	13,55	13,69	13,34	14,38	13,65	13,91	13,46	13,25	13,21	13,13	13,11	13,03	12,96	14,38	13,31
10.10	12,9	13,03	13,03	13,04	12,96	13	12,93	13,03	12,93	12,93	13,04	13,17	13,46	13,48	13,48	13,64	14,09	13,86	13,55	13,38	13,32	13,29	13,2	13,12	12,9	14,09	13,24
11.10	13,08	12,96	13,08	12,98	12,96	12,96	12,97	12,95	12,73	12,89	12,88	13,48	13,74	13,74	13,7	13,64	13,91	13,52	13,35	13,18	13,18	13,12	13,12	13,06	12,73	13,91	13,22
12.10	12,98	12,97	13,03	12,8	12,96	12,95	12,94	12,88	12,97	12,87	12,75	12,88	13,38	13,74	13,31	14,46	13,38	13,35	13,4	13,25	13,25	13,24	13,2	13,12	12,75	14,46	13,17
13.10	13,11	13,05	13,06	12,98	13	12,96	13	12,73	12,5	12,88	13,14	13,62	13,88	13,8	13,79	13,4	13,42	13,56	13,58	13,34	13,26	13,29	13,26	13,24	12,5	13,88	13,24
14.10	13,16	13,06	13,08	12,97	13,16	13,12	13,09	12,6	12,99	13	12,89	13,02	13,3	12,88	13,31	13,91	13,48	13,35	13,38	13,28	13,17	13,18	13,17	13,07	12,6	13,91	13,15
15.10	13,06	13,04	12,99	12,98	12,66	12,93	12,85	12,91	12,91	12,81	13,05	13,33	14,07	13,94	14,07	13,84	13,68	13,59	13,36	13,33	13,29	13,23	13,16	13,19	12,66	14,07	13,26
16.10	13,15	13,09	13,13	13,05	13,08	13,01	13,03	12,9	12,9	12,96	13	13,64	14,24	14,41	14,21	14,31	14,26	14,21	13,83	13,47	13,38	13,4	13,28	13,26	12,9	14,41	13,47
17.10	13,32	13,32	13,24	13,1	13,2	13,18	13,26	13,27	12,73	13,16	13,24	13,34	13,57	13,49	13,74	13,53	13,41	13,27	13,16								
Min:	12,45	12,96	12,8	12,74	12,66	12,66	12,58	12,41	12,5	12,49	12,75	12,88	12,88	12,88	13,24	12,72	12,85	12,6	12,97	12,96	12,99	12,99	12,88	12,82	12,41	13,37	13,03
Average:	13,14	13,15	13,12	13,08	13,06	13,04	13,01	12,93	12,98	13,22	13,49	13,76	13,94	13,99	14,02	14,06	13,98	13,94	13,79	13,44	13,31	13,30	13,23	13,22			

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

2. ūdens moduļa 12 V akumulatora sprieguma mērījumu rezultāti testu laikā

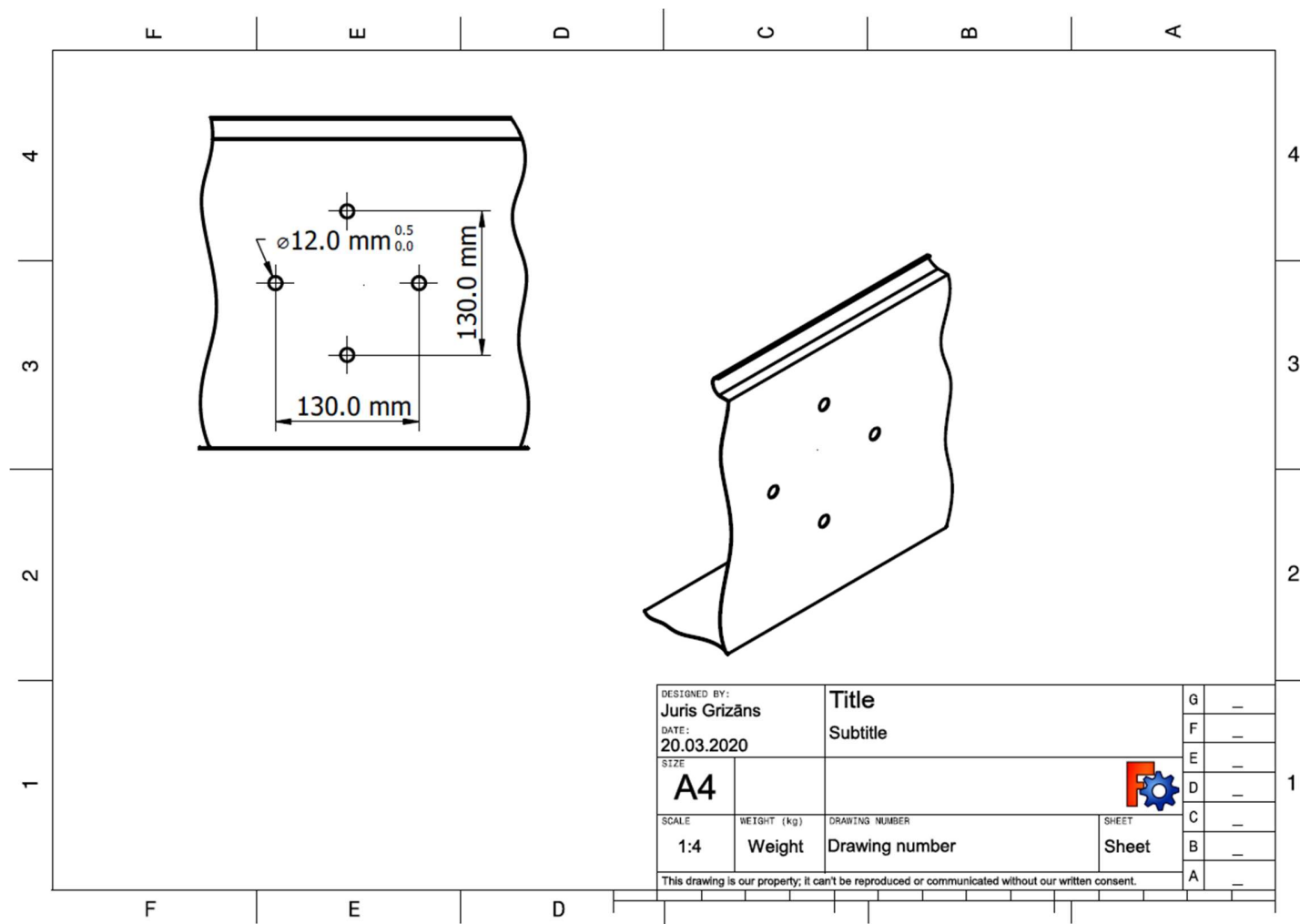
	Laiks																							Statistika			
Datums	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Max	Min	Average
21.09	12,42	12,2	12,46	12,29	12,48	12,21	12,28	12,3	12,28	12,2	12,43	12,6	12,61	12,53	12,68	12,58	12,63	12,72	12,61	12,43	12,31	12,35	12,3	12,37	12,72	12,2	12,43
22.09	12,35	12,35	12,43	12,05	12,28	12,27	12,36	12,43	11,98	12,31	12,36	12,41	12,48	12,35	12,44	12,42	12,33	12,34	12,35	12,31	12,27	12,05	12,29	12,18	12,48	11,98	12,31
23.09	12,24	12,29	12,28	12,26	12,05	12,05	12,21	12,01	12,21	12,31	12,95	13,87	14,53	14,51	13,56	13,61	13,58	13,7	13,69	12,83	12,53	12,51	12,51	12,51	14,53	12,01	12,87
24.09	12,51	12,6	12,45	12,62	12,51	12,46	12,3	12,27	12,43	12,7	13,36	14,67	13,72	13,79	13,68	13,79	13,63	14,75	13,14	12,73	12,6	12,68	12,45	12,37	14,75	12,27	13,01
25.09	12,54	12,43	12,51	12,48	12,34	12,58	12,35	12,29	12,48	12,43	12,47	12,71	12,67	13,01	12,88	13,16	13,3	13,08	13,04	12,43	12,58	12,43	12,5	12,5	13,3	12,29	12,63
26.09	12,35	12,37	12,24	12,41	12,35	12,37	12,35	12,05	12,27	12,67	13,42	14,46	13,75	13,73	13,66	13,7	13,77	13,64	13,77	12,8	12,51	12,56	12,7	12,49	14,46	12,05	12,93
27.09	12,55	12,42	12,53	12,49	12,48	12,38	12,36	12,43	12,37	12,5	14,69	14,76	13,85	13,84	13,7	13,63	13,64	13,71	13,09	12,74	12,62	12,73	12,55	12,51	14,76	12,36	13,02
28.09	12,45	12,58	12,65	12,42	12,41	12,28	12,37	12,43	12,59	13,24	14,74	13,76	13,75	13,53	13,53	12,88	12,8	12,67	12,61	12,58	12,44	12,57	12,46	12,42	14,74	12,28	12,84
29.09	12,58	12,42	12,53	12,35	12,28	12,31	12,38	12,4	12,27	12,4	12,37	12,41	12,58	12,69	12,88	14,57	12,73	12,67	12,7	12,52	12,59	12,42	12,23	12,43	14,57	12,23	12,57
30.09	12,27	12,35	12,41	12,34	12,4	12,35	12,28	12,3	12,41	12,28	12,43	12,49	12,43	12,49	12,48	12,4	12,68	12,35	12,35	12,41	12,46	12,18	12,22	12,3	12,68	12,18	12,38
01.10	12,29	12,43	12,31	12,31	12,35	12,23	12,21	12,15	12,21	12,2	12,28	12,93	13,87	14,61	14,44	14,68	13,78	13,82	12,9	12,61	12,67	12,73	12,71	12,68	14,68	12,15	12,89
02.10	12,62	12,45	12,65	12,68	12,43	12,43	12,43	12,58	12,51	12,59	12,7	13,12	14,54	14,57	13,71	13,68	13,26	12,89	12,77	12,52	12,59	12,59	12,49	12,66	14,57	12,43	12,89
03.10	12,58	12,45	12,4	12,47	12,6	12,31	12,41	12,39	12,34	12,4	12,43	13,12	12,88	13,18	13,15	14,65	12,94	12,75	12,61	12,52	12,47	12,39	12,45	12,45	14,65	12,31	12,68
04.10	12,49	12,28	12,37	12,5	12,31	12,34	12,27	12,39	12,32	12,36	12,46	12,05	12,45	12,51	12,61	12,69	12,91	12,49	12,44	12,28	12,23	12,39	12,34	12,21	12,91	12,05	12,40
05.10	12,29	12,05	12,05	12,05	12,44	11,98	12,29	12,05	12,05	12,05	12,41	12,36	12,51	12,96	14,66	13,22	12,86	12,66	12,66	12,53	12,55	12,43	12,46	11,99	14,66	11,98	12,48
06.10	12,34	12,37	12,23	12,03	12,05	12,27	12,29	12,25	12,98	13,03	14,4	14,74	14,96	13,54	13,85	13,56	13,12	12,82	12,69	12,62	12,5	12,44	12,5	12,43	14,96	12,03	12,92
Average	12,43	12,38	12,41	12,36	12,36	12,30	12,32	12,30	12,36	12,48	12,99	13,28	13,35	13,37	13,37	13,45	13,12	13,07	12,84	12,55	12,50	12,47	12,45	12,41			
Min	12,24	12,05	12,05	12,03	12,05	11,98	12,21	12,01	11,98	12,05	12,28	12,05	12,43	12,35	12,44	12,4	12,33	12,34	12,35	12,28	12,23	12,05	12,22	11,99			

DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

3. Orientēšanas sistēmas YP3040 stiprināšanas shēma

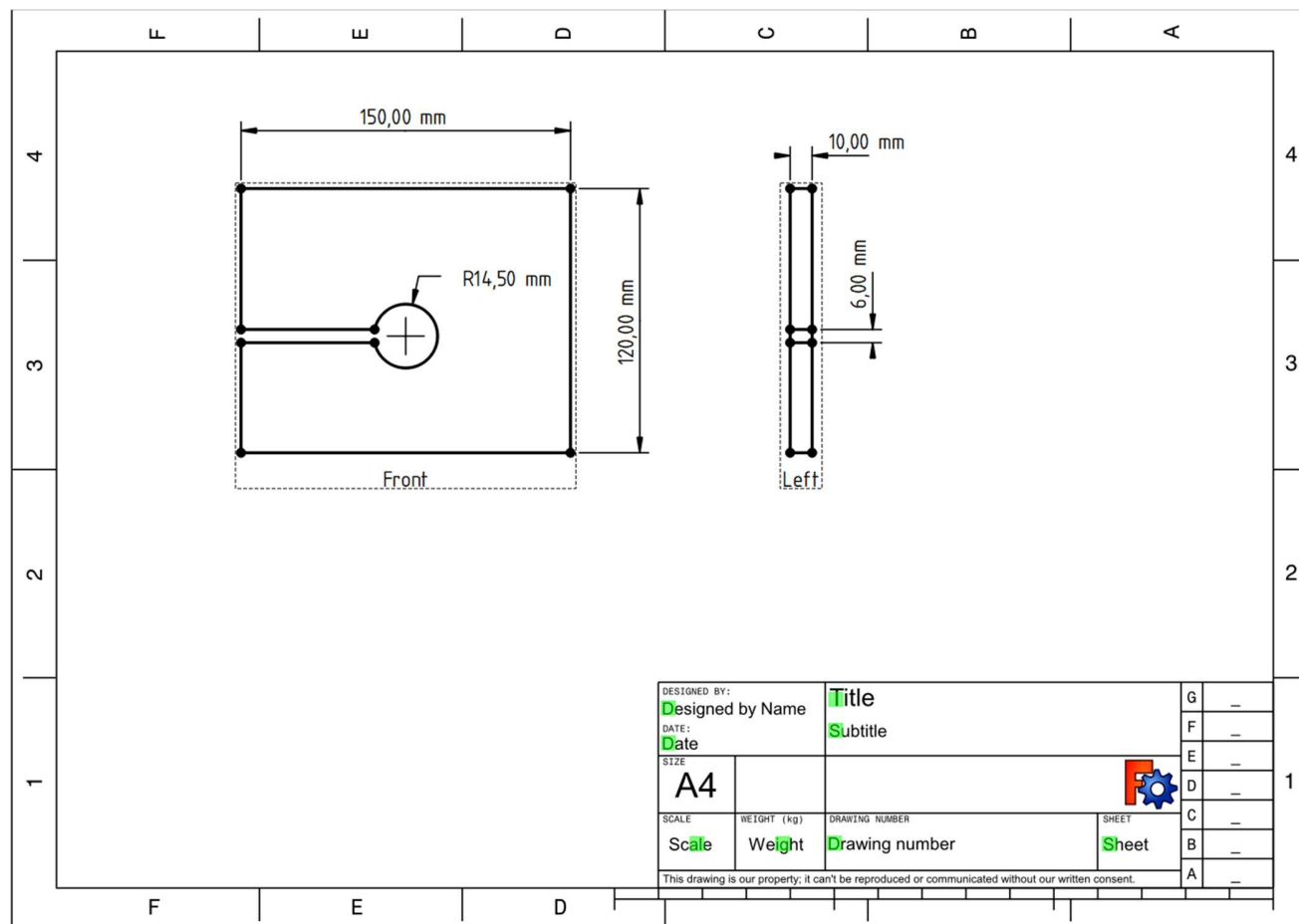


4. Servopiedziņas varianta konstrukcijas elementi

DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

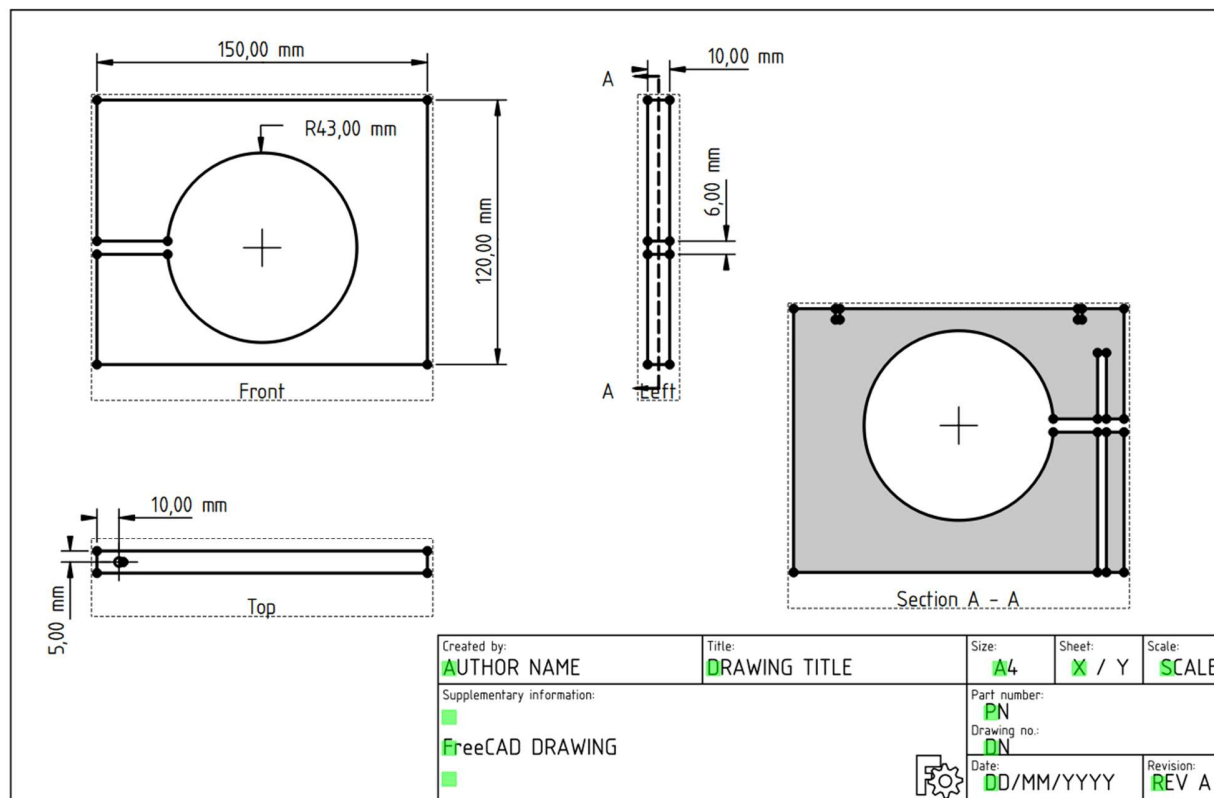
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

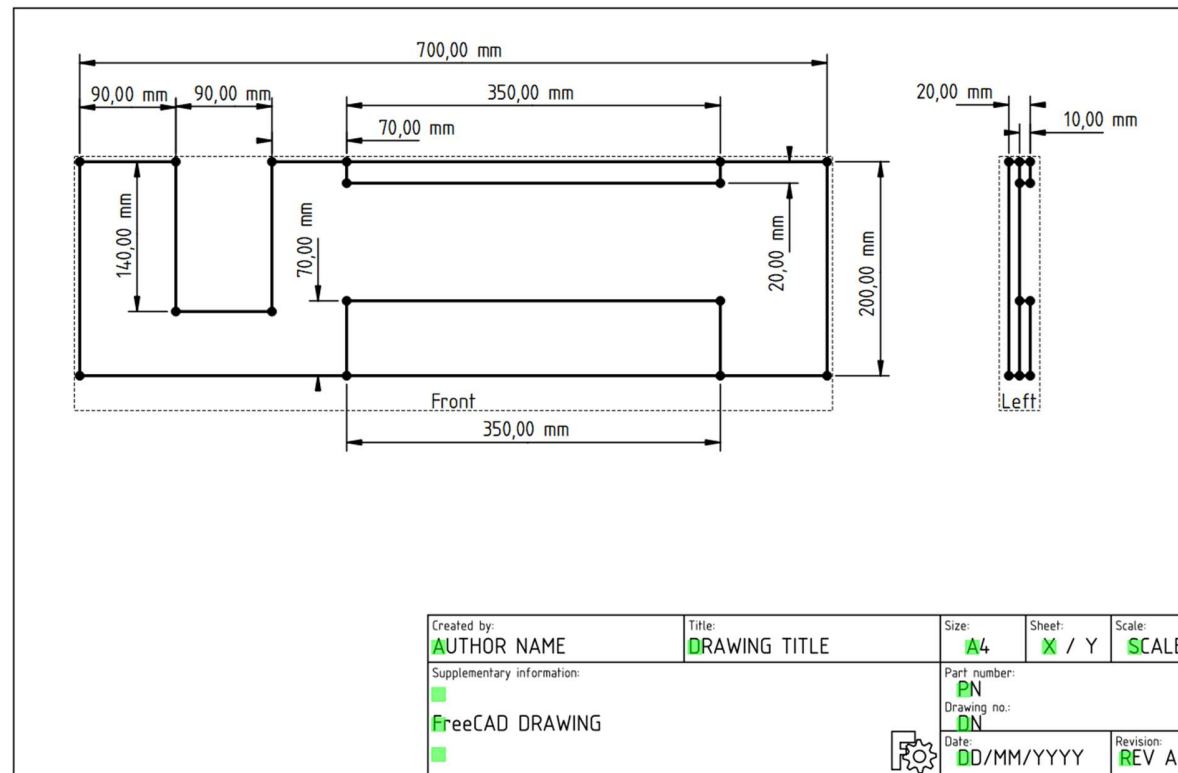
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

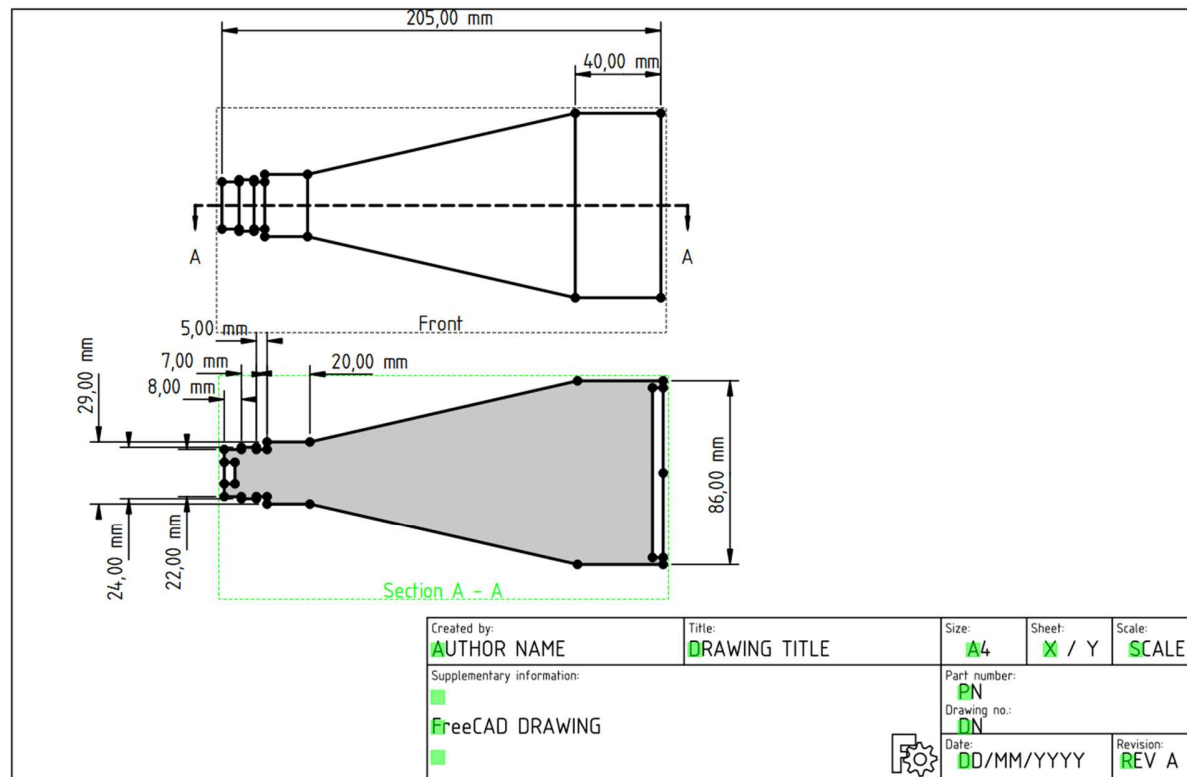
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

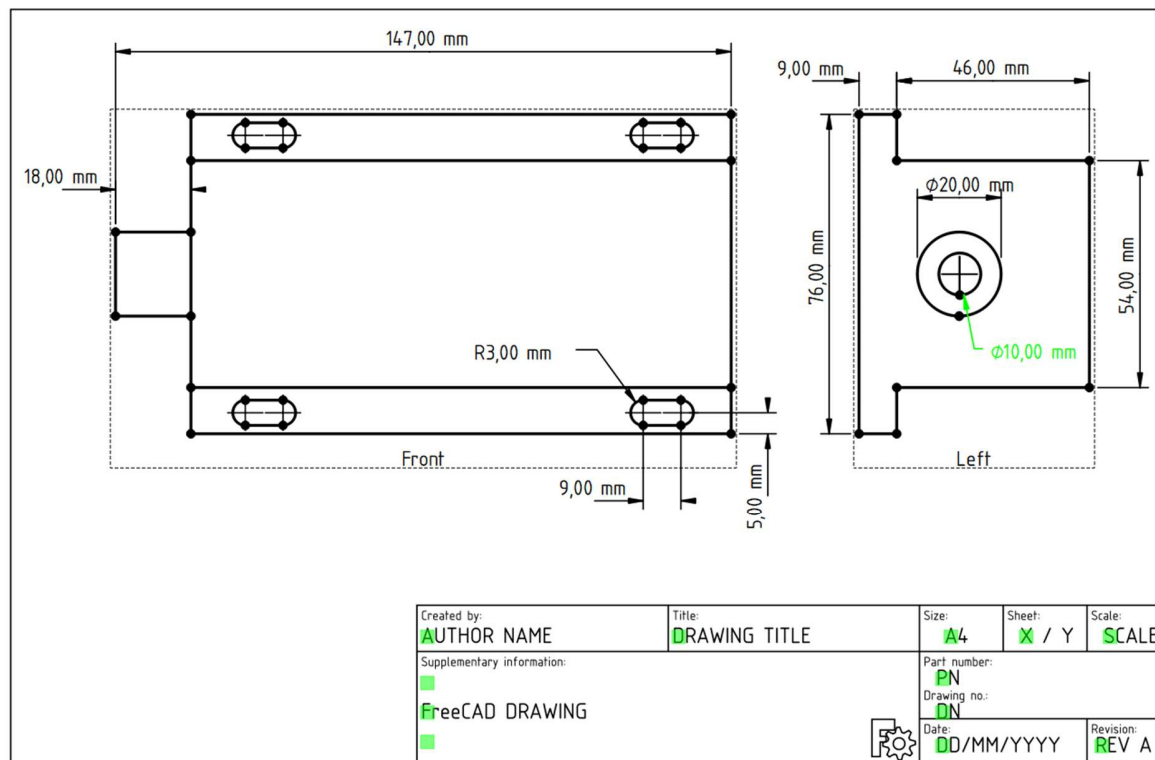
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

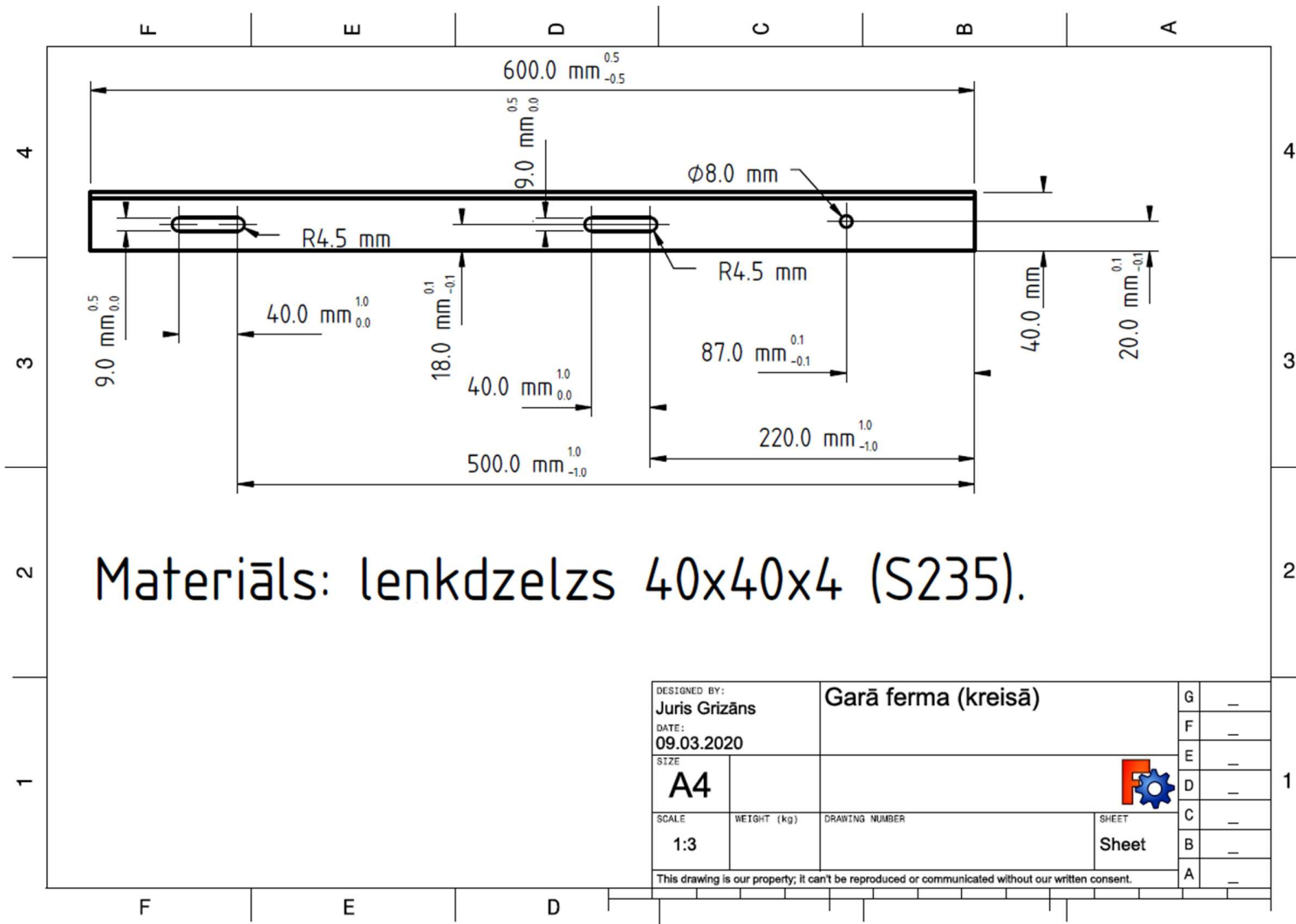


5. Virsūdens lāzera platformas konstrukcija

DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

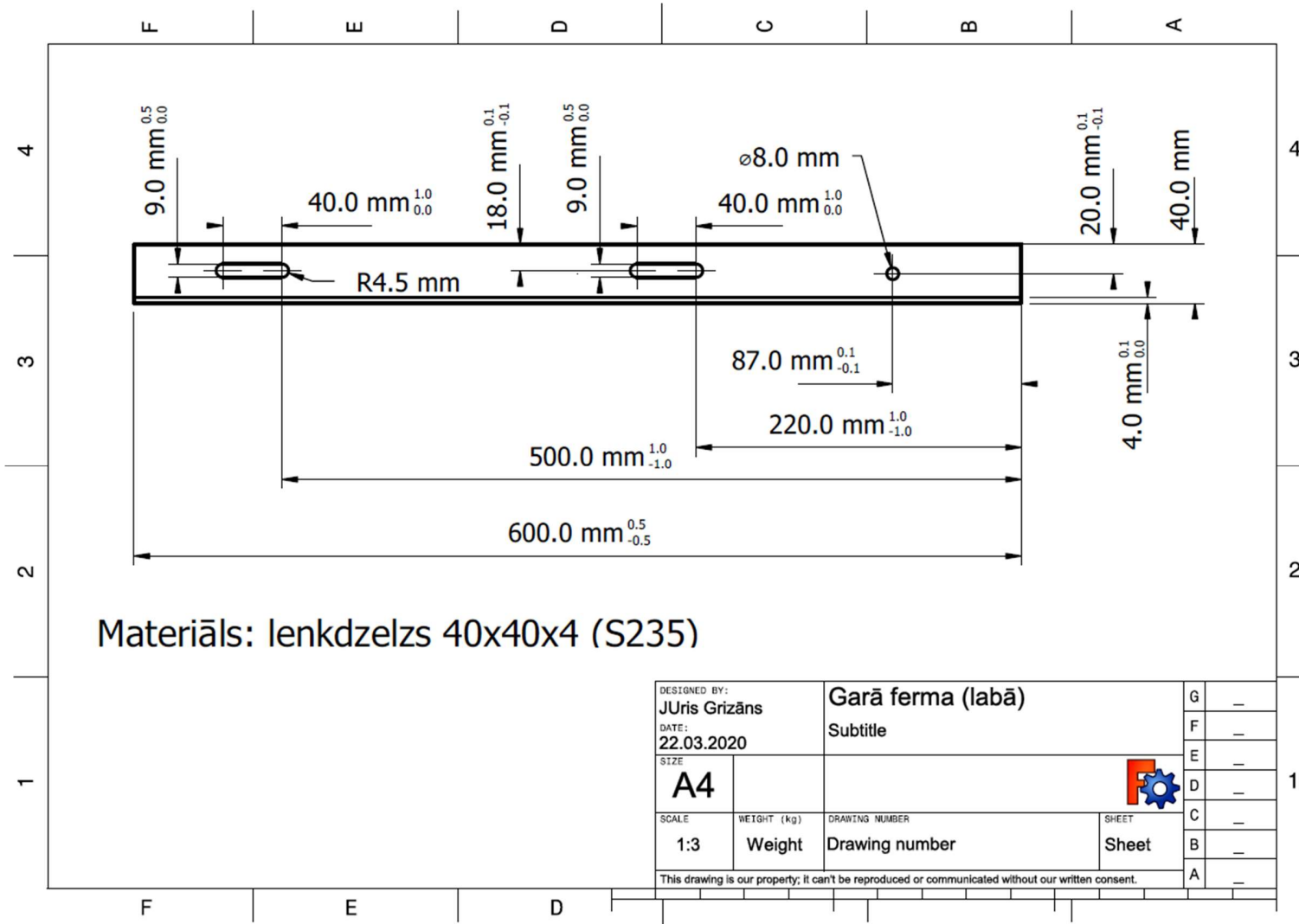
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

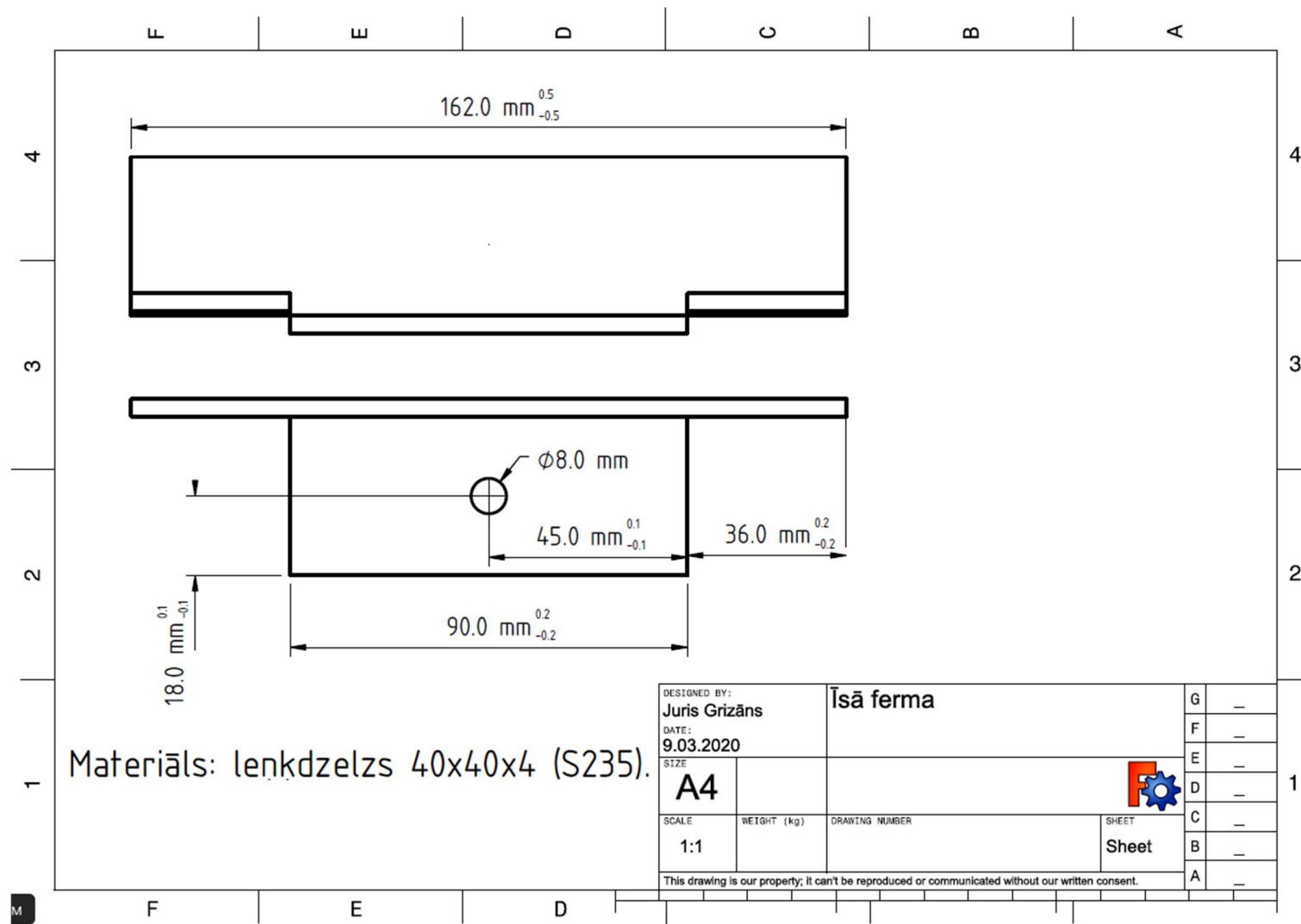
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

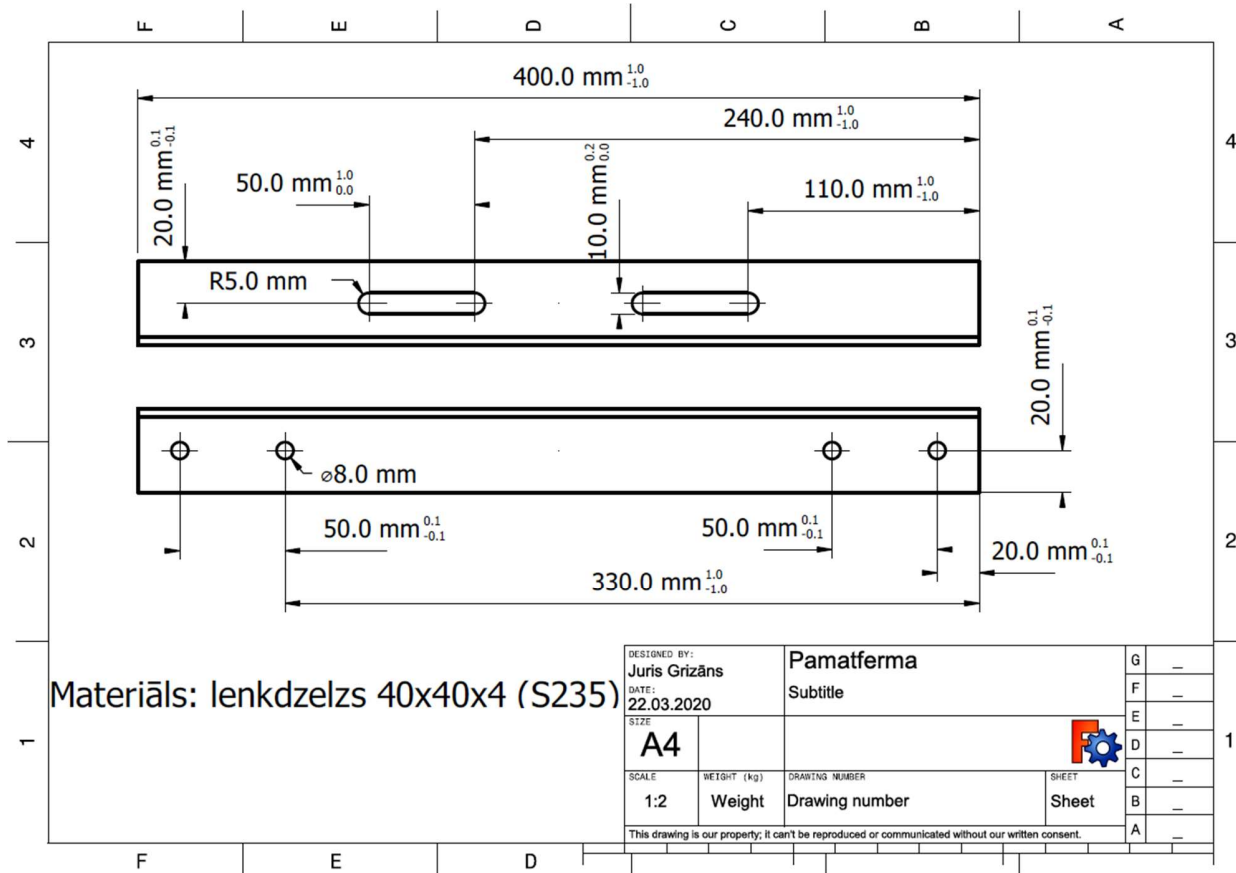
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



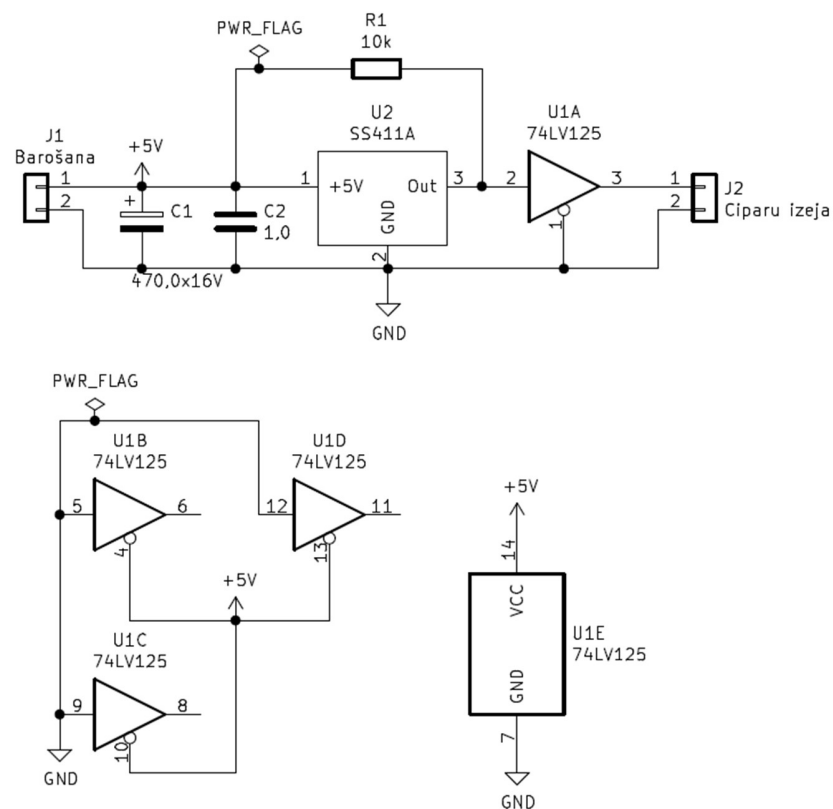
DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

6. Spoguļa griešanas elektroniskā sistēma

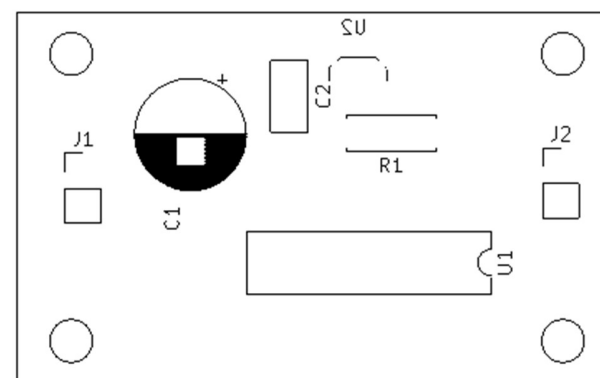
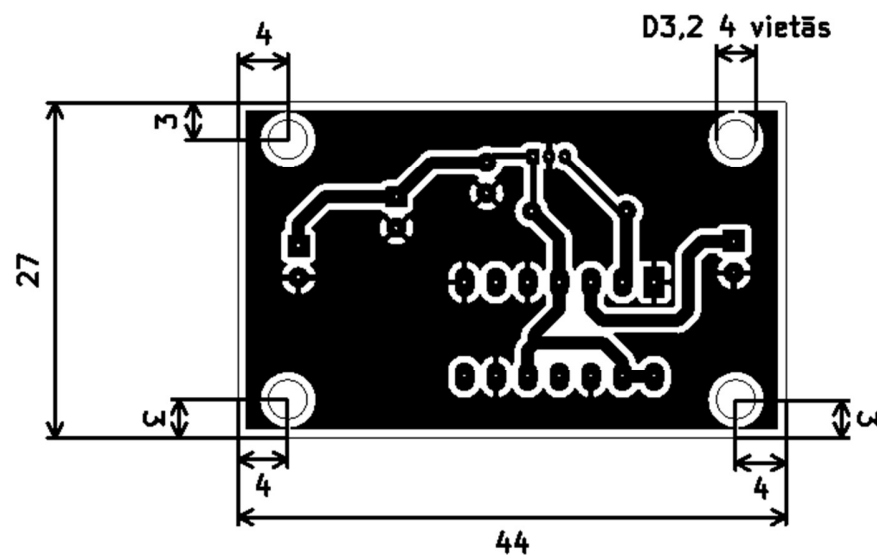
Devēju plate.



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

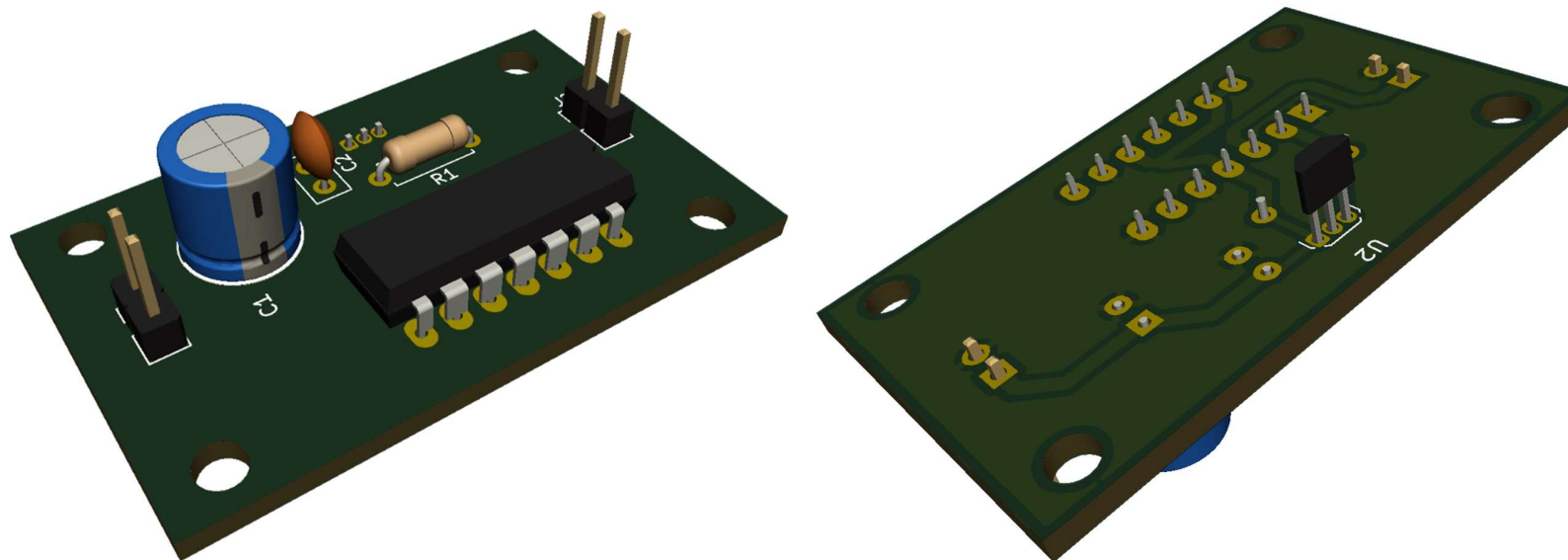
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

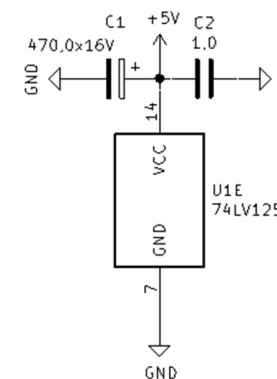
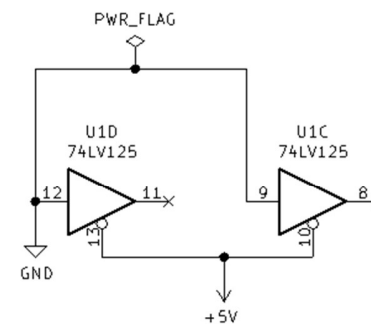
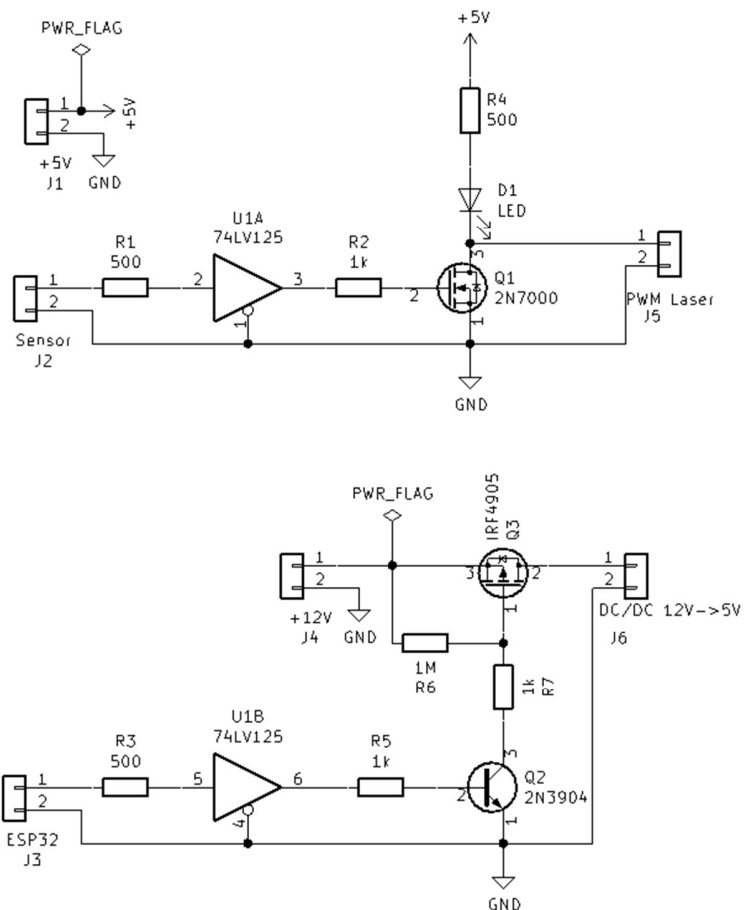


DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

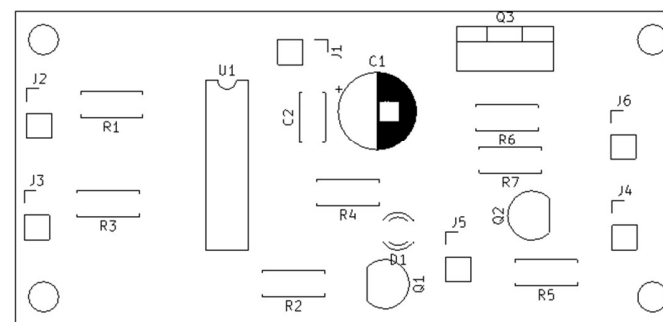
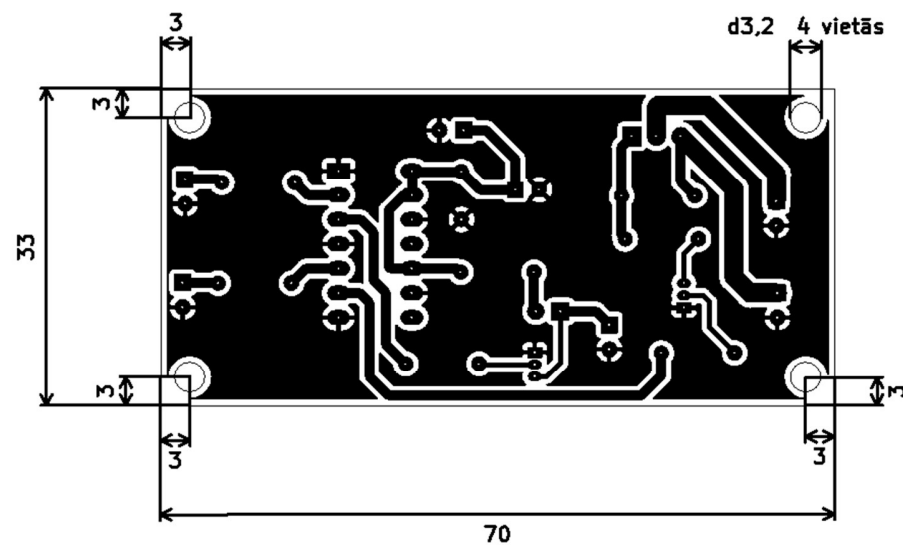
Atslēgu plate.



DP3 iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

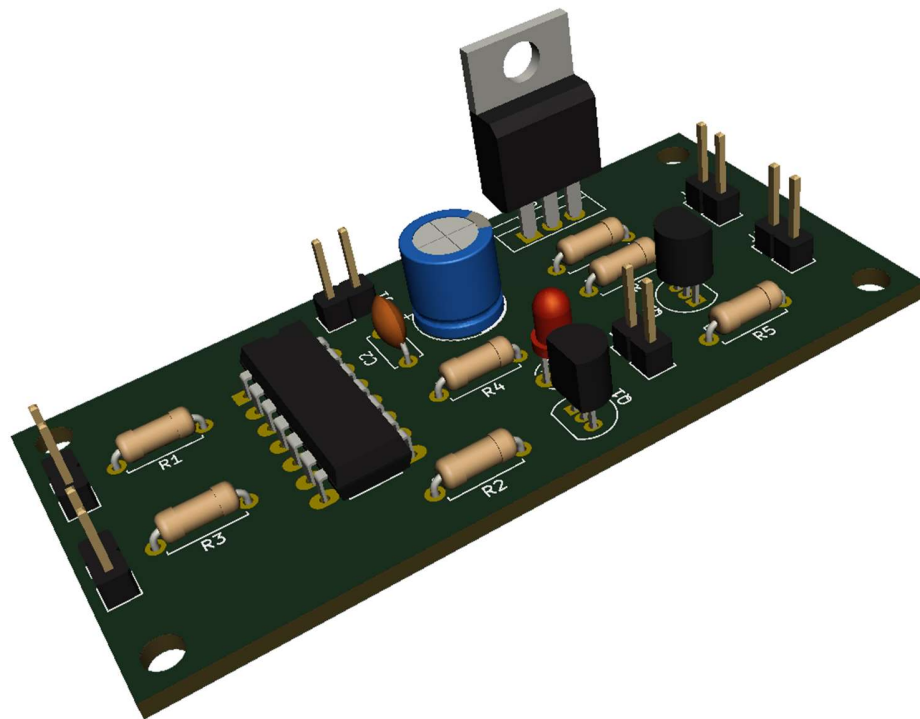
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

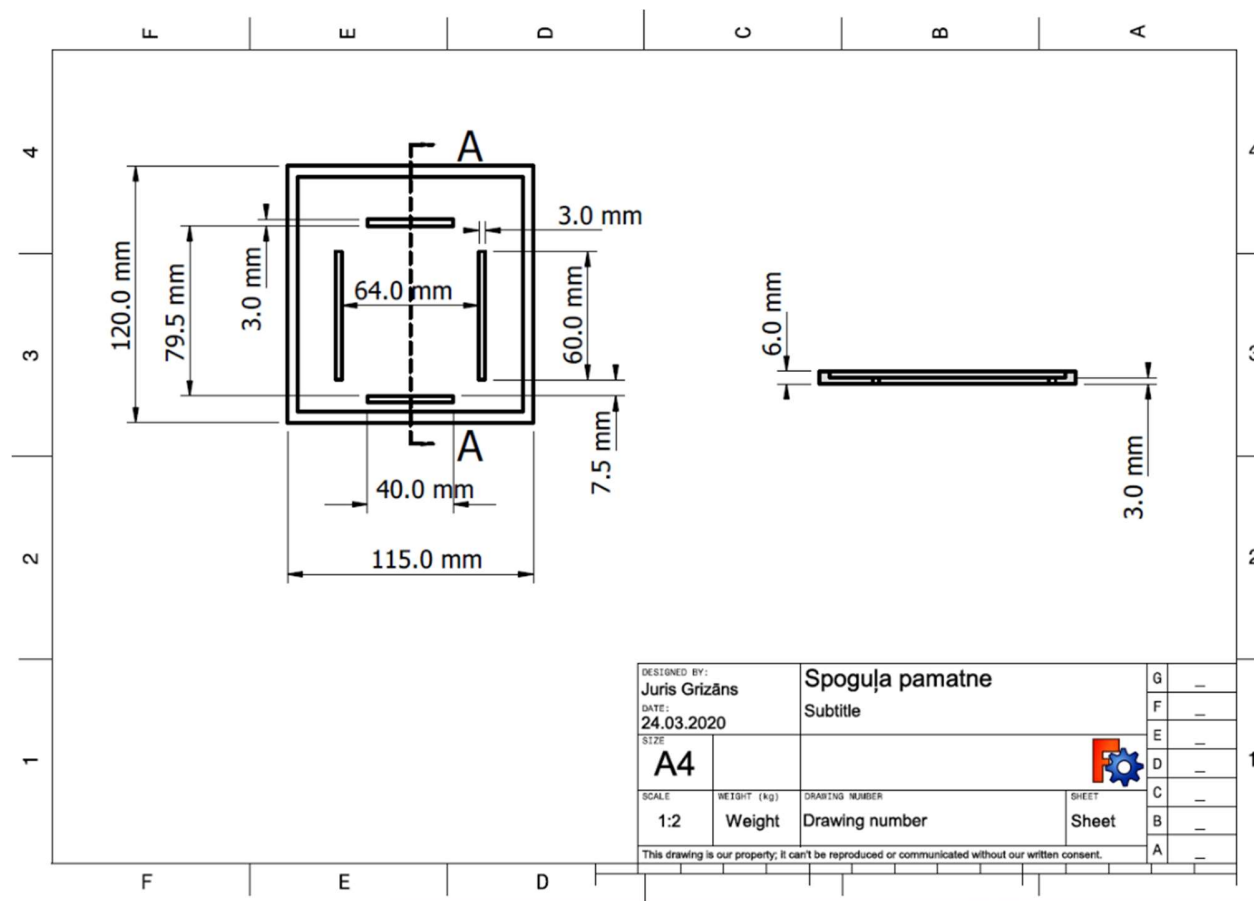


DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

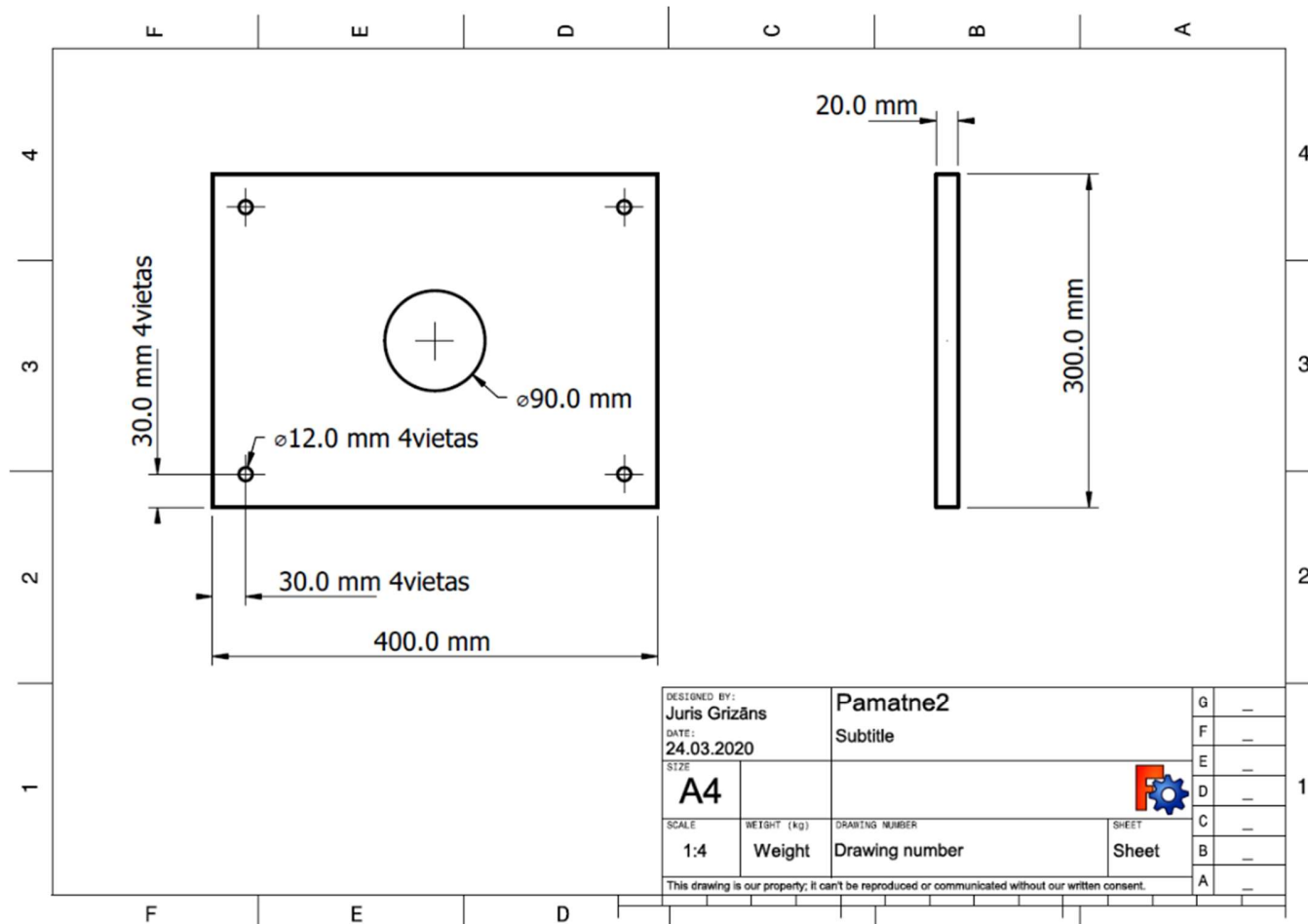
7. Spoguļa griešanas sistēmas konstrukcija



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

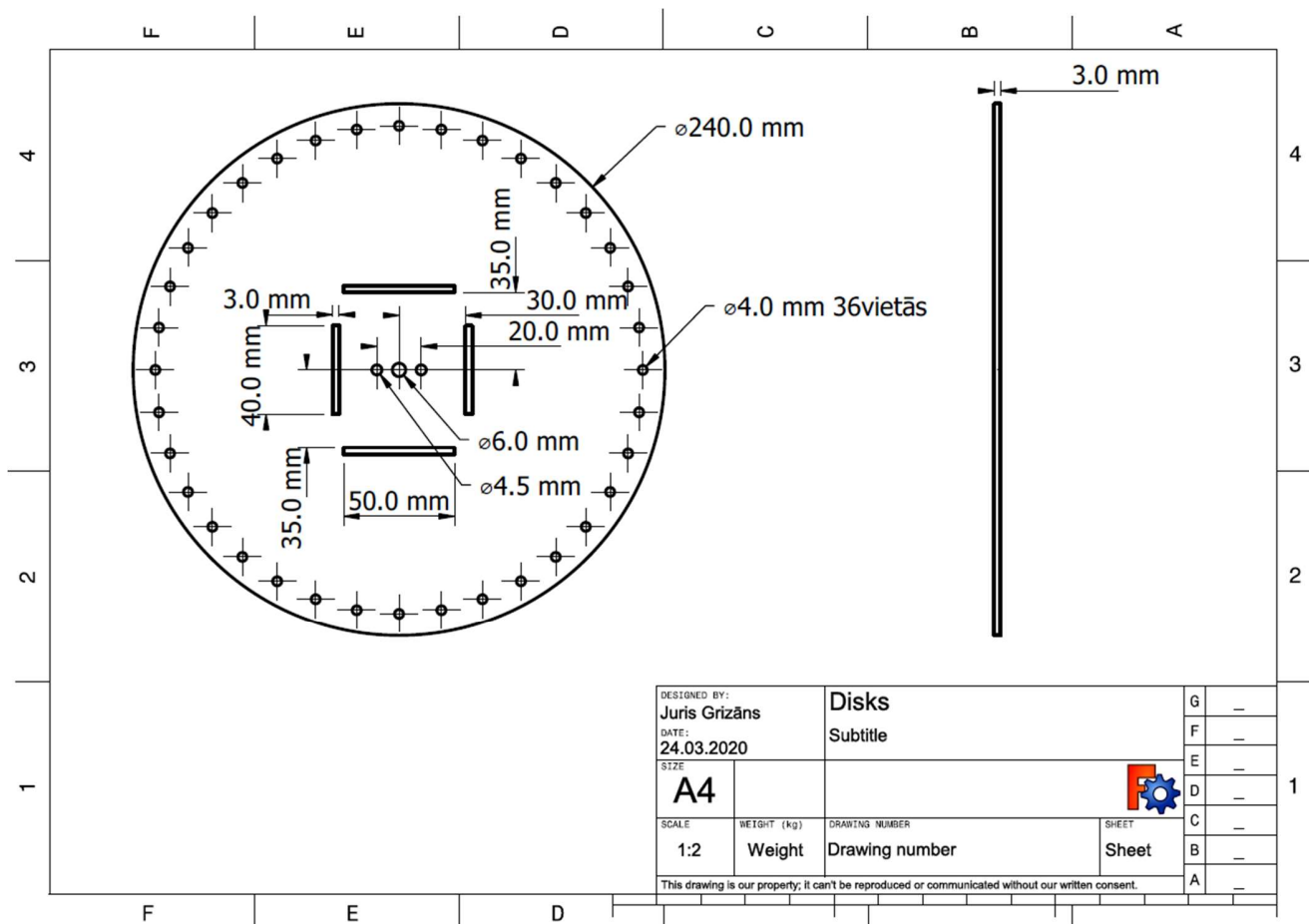
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

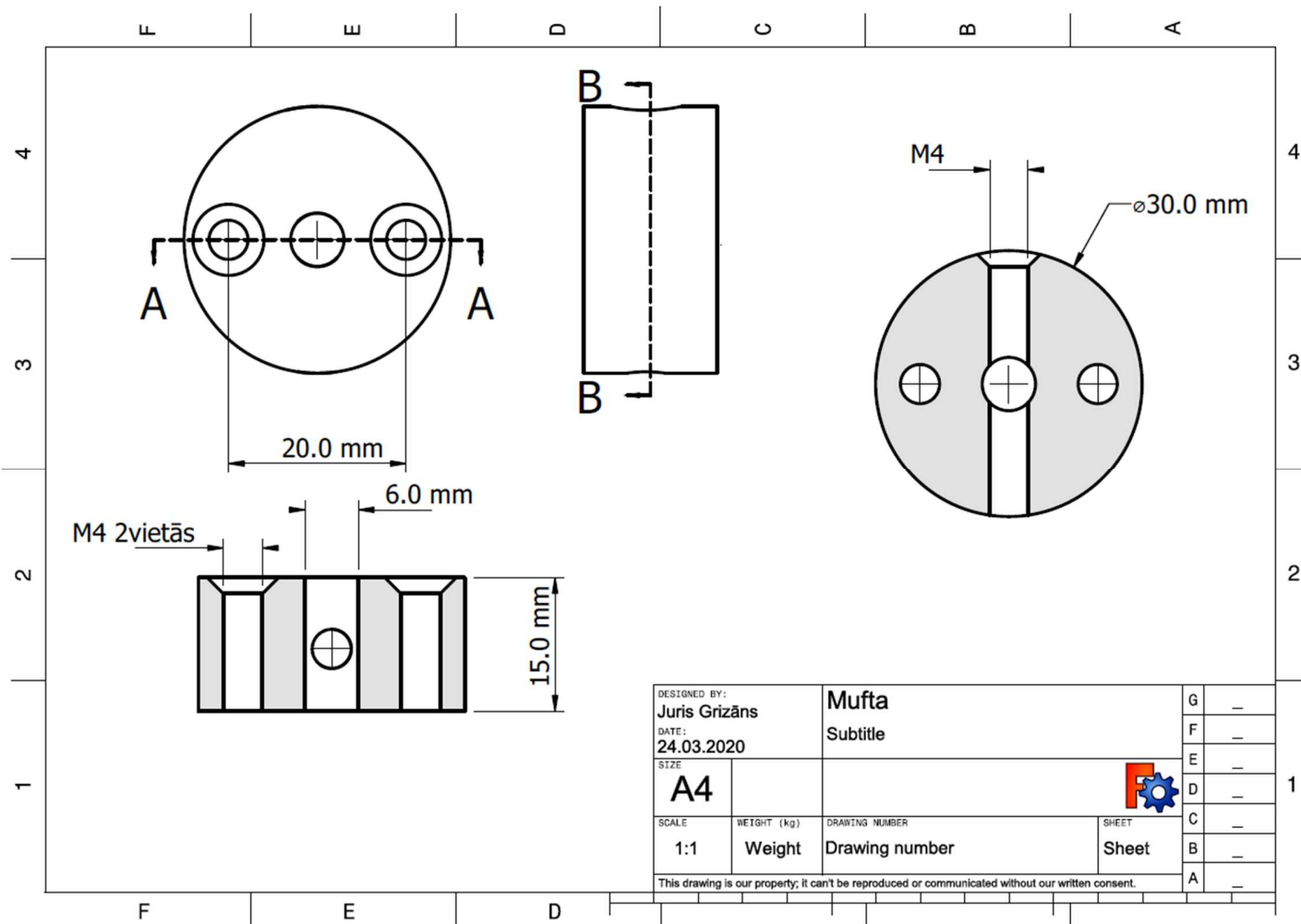
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

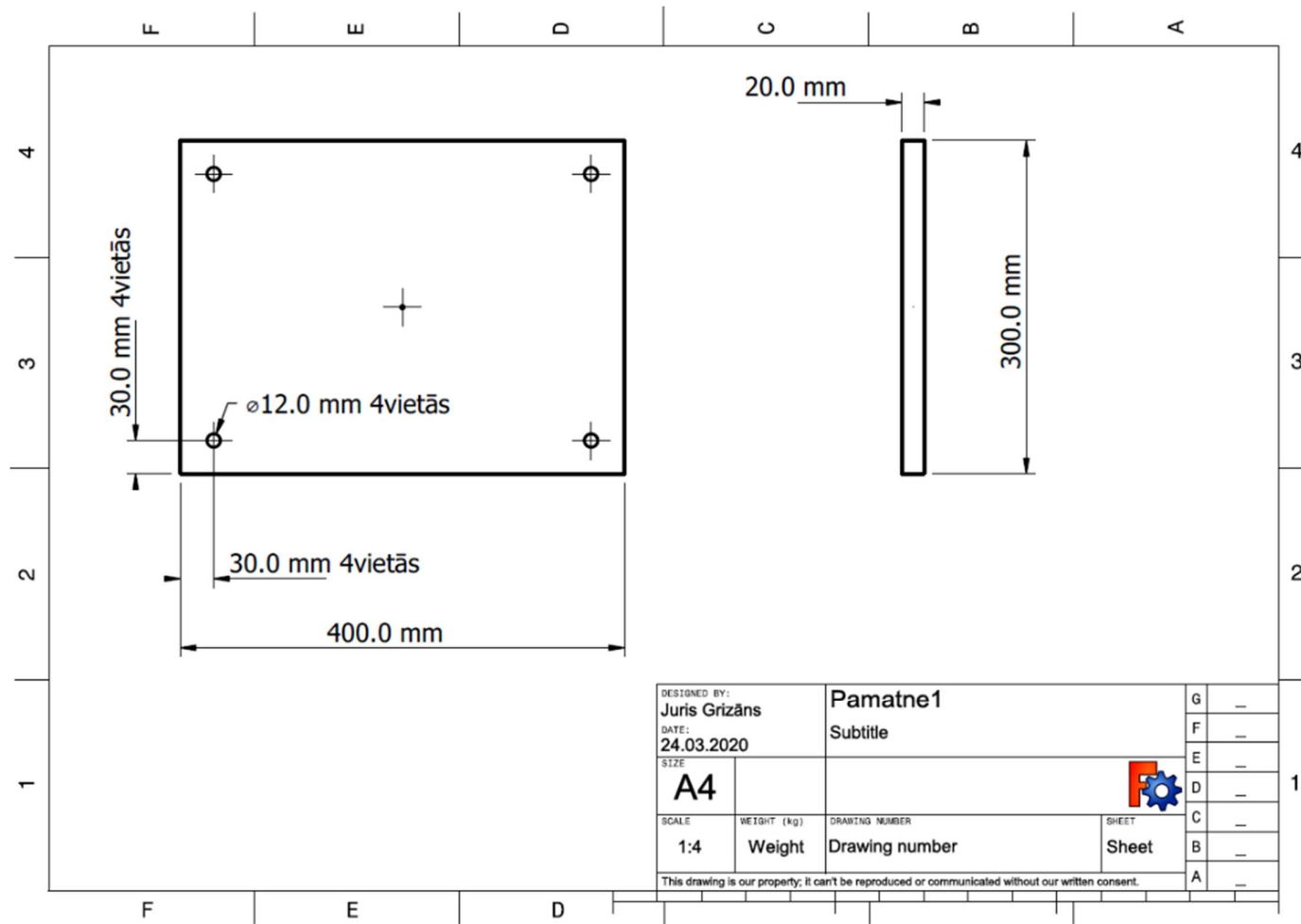
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

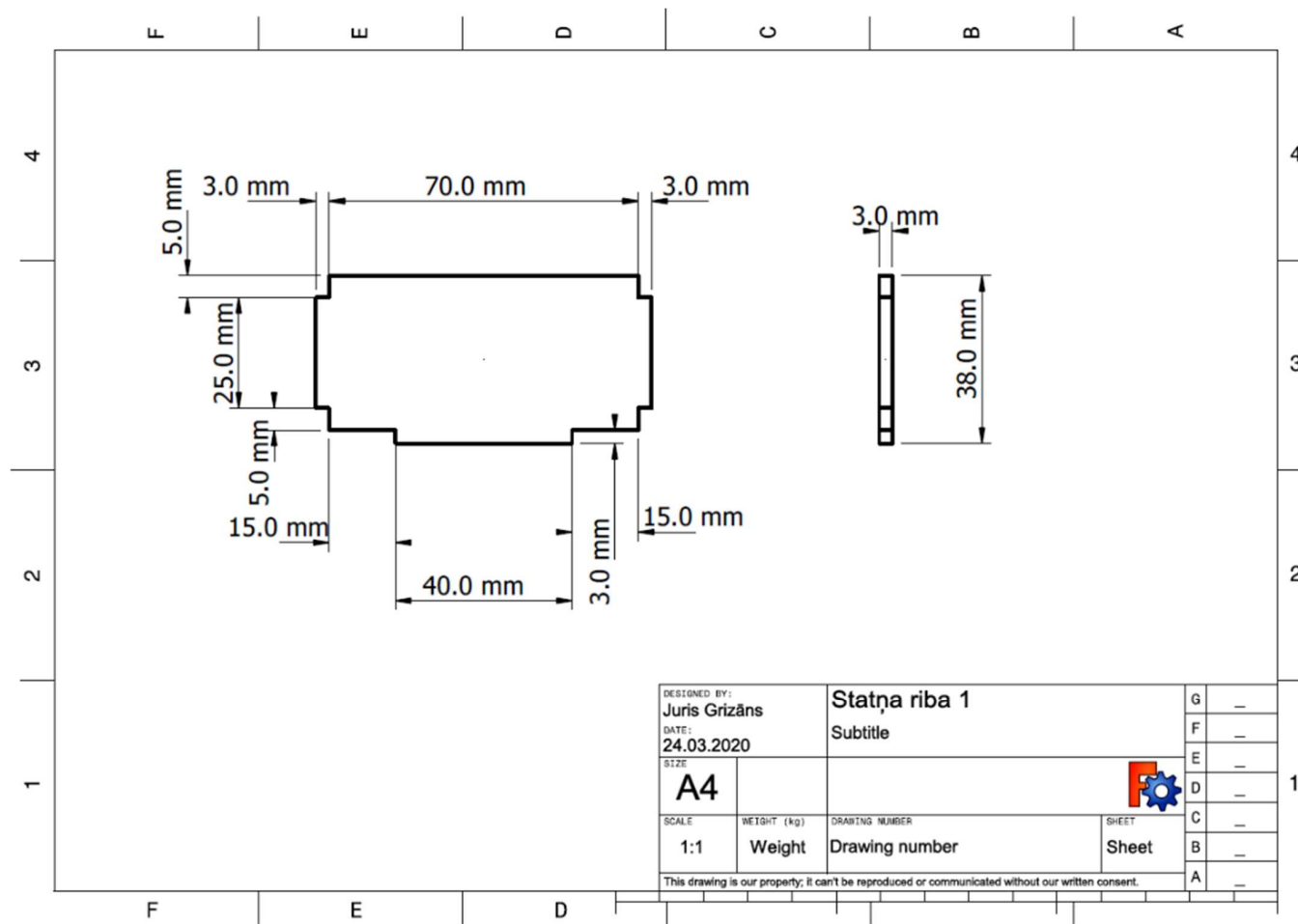
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

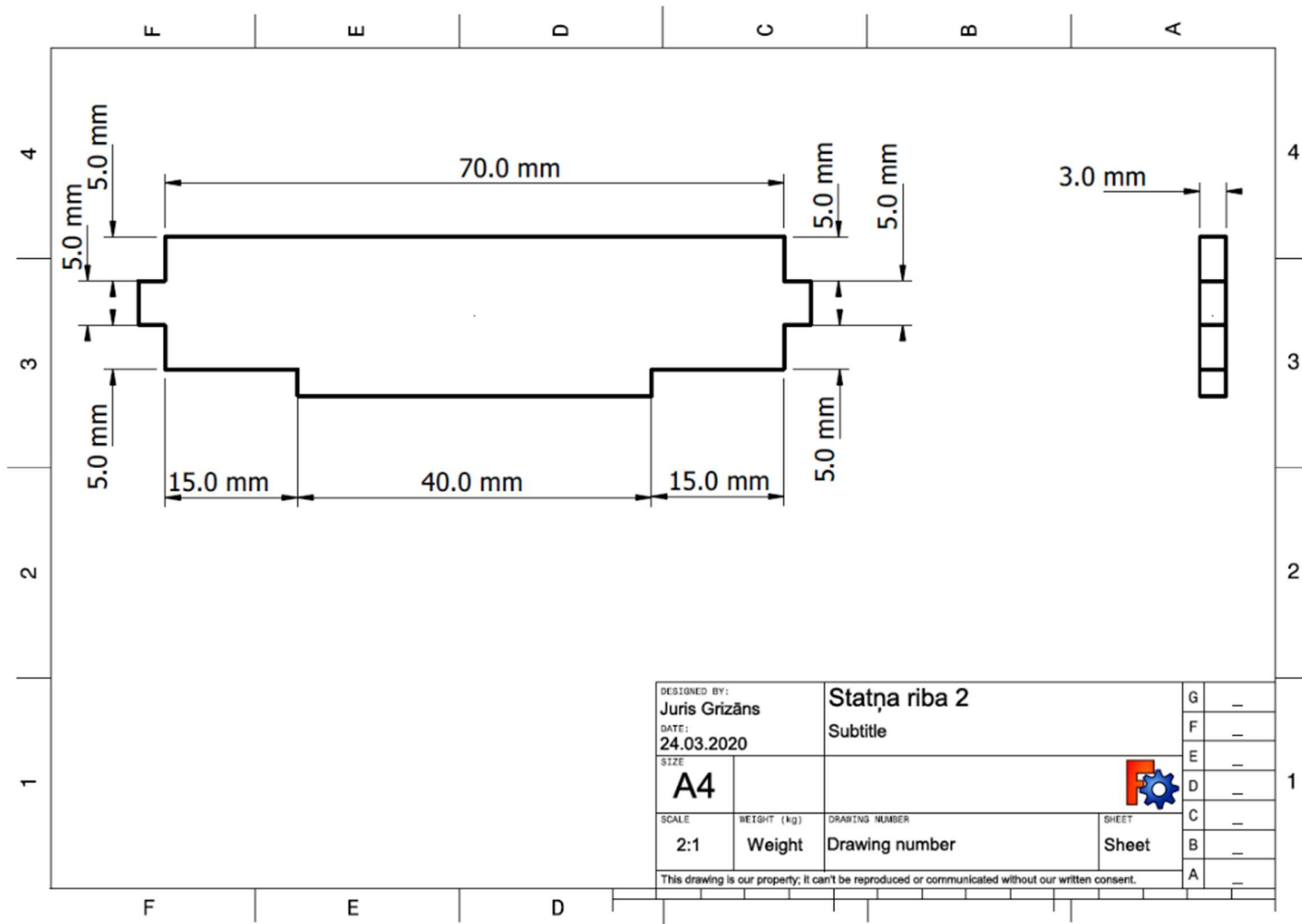
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

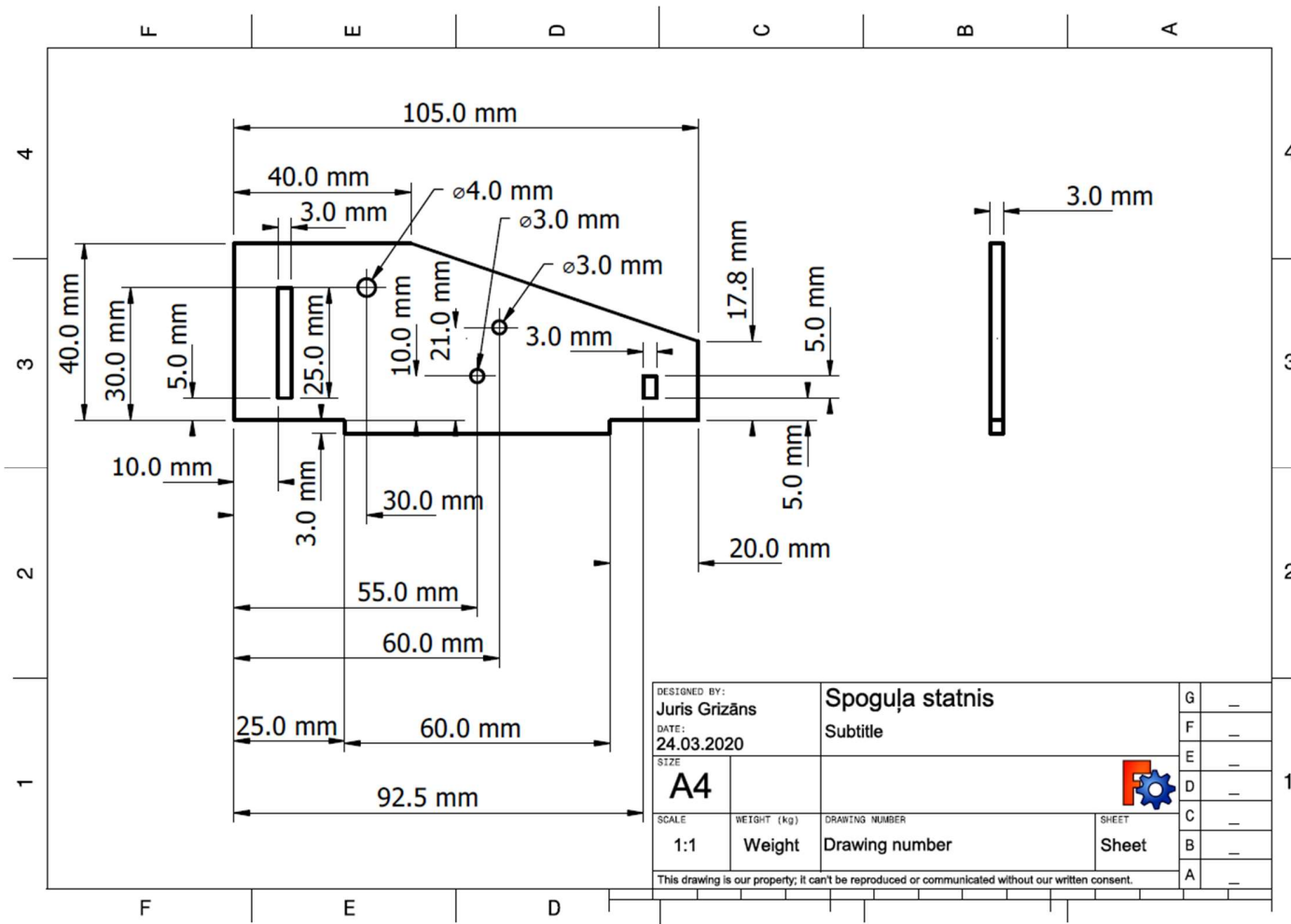
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

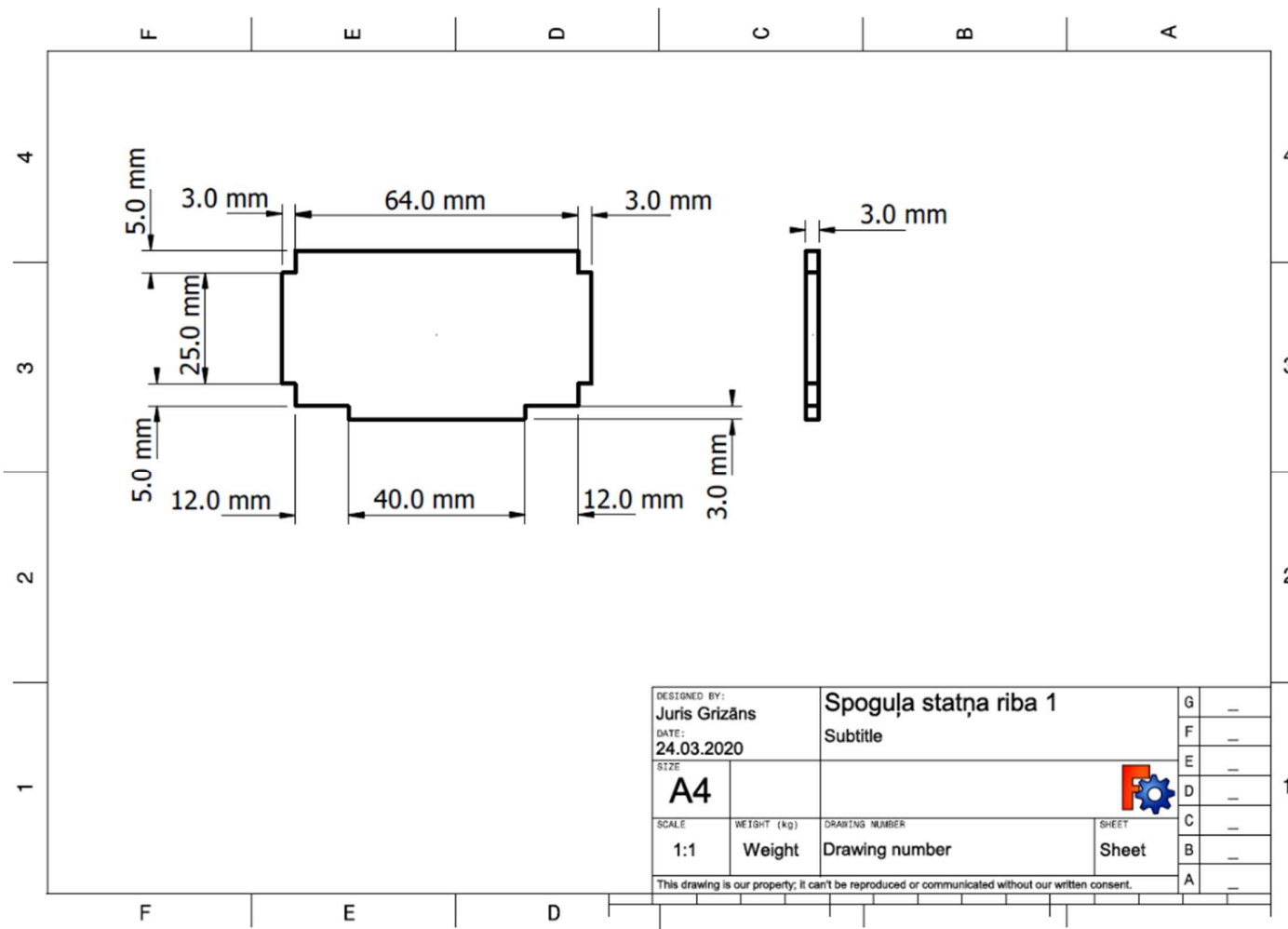
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

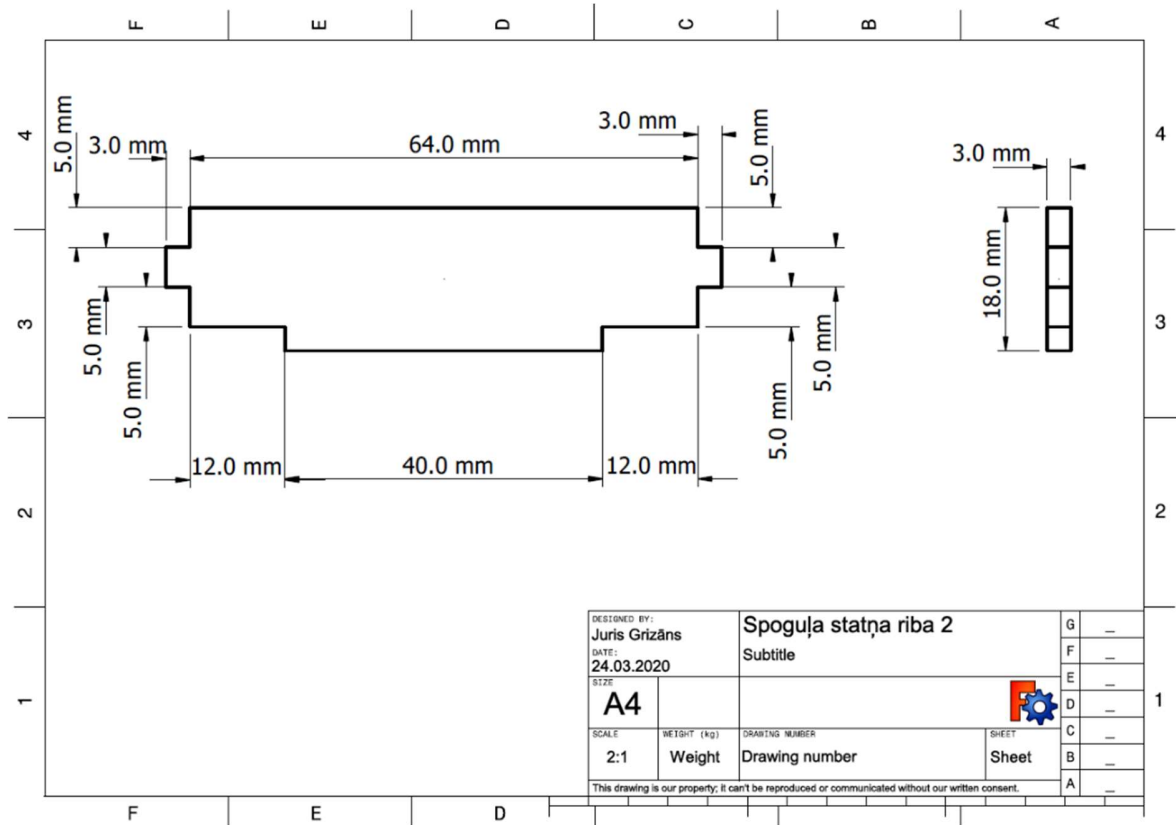
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



DP3 lekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.

MAY 29,
2020

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

DP3 Iekārtas testēšana reālos apstākļos, optimizācija 14.-24.mēn.