

February 1, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Jūrlietu un
zivsaimniecības fonds



RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE

Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta
projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un
dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes
kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde
akvakultūras objektu produktivitātes
paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

Atskaite par projekta uzdevumiem 3.1. - 3.5.

2021

Satura radītājs

1.	Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana	3
U3.1.	Spiesto plašu izstrāde	3
U3.1.1.	Korpuss	3
U3.1.2.	Jaudas slēdzis	6
U3.1.3.	Zagšanas brīdinājuma sistēma	7
U3.1.4.	Citi elektriskās shēmas uzlabojumi.....	8
U3.1.4.	Otrā prototipa iespiedplate	8
U3.2.	Sistēmas RF sastāvdaļu testēšana dīkšaimniecībās	12
U3.3.	Devēju testēšana dīkšaimniecībās.....	15
U3.4.	Programmatūras beta versijas testēšana sadarbībā ar aparatūras daļu, sistēmas pieskaņošana	17
3.4.1.	Sliekšņu vērtības, to noteikšana, uzglabāšana, pielietošana un izmaiņas	17
3.4.2.	Iekārtu ieslēgšana / izslēgšana	19
3.4.3.	Testēšanas sadarbībā ar aparatūras daļu rezultāti	20
U3.5.	Sistēmas darba prototipa salikšana, sagatavošana testēšanai dīkšaimniecībās	23
3.5.1.	Lietotāja servera sagatavošana darbam	23
U3.5.	Sistēmas darba prototipa salikšana, sagatavošana testēšanai dīkšaimniecībās	26
	Vārtejas un sensora mezgla sagatavošana darbam ar <i>The Things Network</i>	26
	Prototipu korpusu izstrāde.....	29
Pielikumi U3.1.	Shēmtehnisko risinājumu izstrāde.....	32
Pielikumi U3.5.	Peldošās platformas rasējumi	39

1. Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana

Darba pakā tiek veikta sistēmas darba prototipa izstrāde, kā arī tiek nodrošināta atsevišķo sistēmas sastāvdaļu testēšana zivju audzētavās ar mērķi identificēt potenciālās problēmas, kas ir saistītās ar sistēmas reāliem ekspluatācijas apstākļiem.

U3.1. Spiesto plašu izstrāde

Balstoties uz DP1 un DP2 konstatētajām prototipa nepilnībām, tika izstrādāta jauna spiestā plate. Iepriekš konstatētais nepilnību saraksts:

- *Atlas Scientific* sensoru mērpārveidotāji šobrīd pieslēgti ar atsevišķiem konektoriem. Tie būtu jānovieto uz plates, lai samazinātu ierīces izmērus un palielinātu savienojumu drošību. Tas pats attiecas uz pašu sensoru SMA vai BNC pieslēgvietām.
- Šobrīd nav iespējams nomērīt baterijas spriegumu, tas nav pievienots pie mikrokontroliera analogā-ciparu pārveidotāja.
- Uz plates ir vairākas Zēnera diodes caur kur katru plūst līdz 50 uA liela noplūdes strāva.
- Lai gan programmatūra atbalsta izejas slēdža kontroli, uz plates šāda slēdža nav. Tas vajadzīgs, lai vadītu, piemēram, aeratoru.
- Tā kā aerators ir relatīvi lielas jaudas ierīce, tas tiek barots no maiņstrāvas tīkla. Ja sensoru mezgla ierīce tiek novietota aeratora tuvumā, to arī varētu ar enerģiju nodrošināt no maiņstrāvas tīkla. Šobrīd prototipa plate paredz tikai barošanu no baterijas un saules paneļa.
- Ierīces nav pastāvīgas atmiņas kur glabāt, piemēram žurnālu failus, ko varētu analizēt gadījumā, ja ierīcei rodas problēmas.
- Lai gan ierīce periodiski nosūta savu atrašanās vietu, to iespējams nozagt brīdī, kad tā atrodas miega režīmā. Tāpēc ierīcei vajadzīgs IMU (inertial measurement unit), kas to pamodinātu brīdī, kad tā tiek kustināta.

U3.1.1. Korpuss

Lai samazinātu sensoru mezgla izmaksas, tam tika piemeklēts tirgū nopērkams korpuss. Gatavus korpusus piedāvā, piemēram, *Bud Industries* un *Hammond Manufacturing*. Pirmajam ūdenī testētajam prototipam tika izvēlēts PTQ-11048 no *Bud Industries* (3.1.1. Att.). Korpusam ir ērta aizdare ar nerūsējošā tērauda sprādzēm. Lai korpusā ievadītu devēju vadus, vajadzīgi attiecīgi ūdensdroši pieslēgumi. Tika izvēlēti *Micro-Con-X* sērijas apaļie korpusā montējamie spraudņi no *Switchcraft*, jo tie ir relatīvi lēti, ar IP68 noturības klasi un izmēros nelieli. Sērijā pieejami spraudņi no 2 līdz 7 pozīcijām.

Pirmais prototips tika samontēts izmantojot maketēšanas plates *Atlas Scientific* mērpārveidotājiem, kas tālāk ar prototipēšanas vadiem tika pieslēgti galvenajai sensoru mezgla platei. LoRa un GPS antenas tika ielocītas turpat korpusā, savukārt saules panelis tika pielīmēts korpusa augšpusē (3.1.2. Att.).

February 1, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003



3.1.1. Att. Sākotnējais prototipa korpuss PTQ-11048 no *Bud Industries*.



DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

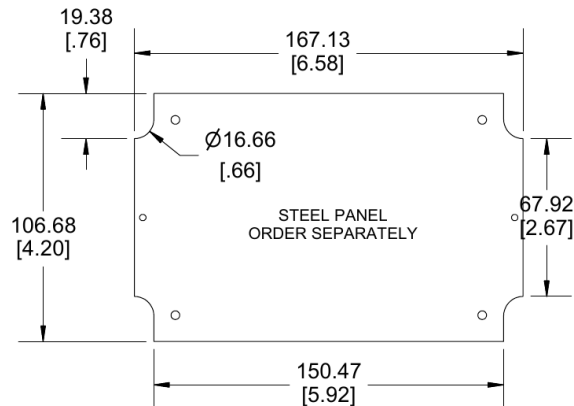


3.1.2. Att. Salikts pirmais sensoru mezgla prototips.

Projektējot sistēmas mehānisko daļu tika atklāts, ka maksimālais pieļaujamais korpusa augstums ir 6 cm, tāpēc otrajai plates versijai tikai izvēlēts cits ietvars: 1554H2GYCL no *Hammond Manufacturing* (3.1.3. Att.). Šis korpuss ir 6 cm augsts un tam ir caurspīdīgs UV izturīgs vāks. Projektējamās plates izmēri tika pielāgoti jaunā korpusa izmēriem (3.1.4. Att.).



3.1.3. Att. Otrā prototipa korpuss 1554H2GYCL no *Hammond Manufacturing*



3.1.4. Att. Pieļaujamie spiestās plates izmēri *Hammond Manufacturing* korpusam.

U3.1.2. Jaudas slēdzis

Viena no konstatētajām nepilnībām ir jaudas slēdža trūkums, ar ko iespējams ieslēgt aeratoru vai kādu citu maiņstrāvas ierīci. Otrajā plates versijā tika paredzēta vieta pieslēgts tīkla spriegumu un relejs, kā arī strāvas mērīšanas funkcija (elektriskās shēmas lapa *Mains Power*). Tā kā aeratora jauda var būt līdz 2.5 kW, vajadzīgs izvēlēties releju ar vismaz 12A nominālu. Tuvākais tirgū pieejamais nomināls ir 20A, tika izvēlēts ALF1P05-ND no *Panasonic Electric Works* (3.1.5. Att. K1). Lai noteiktu, vai patērētājs darbojas (nav atvienojušies kabeļi vai citas problēmas), tiek mērīta patērētā strāva ar ACS725 Holla efekta strāvas mērpārveidotāju no *Allegro MicroSystems* (3.1.5. Att. U26). Tā kā Holla efekta pārveidotājs aktīvajā darbības režīmā patērē līdz 20 mA strāvu, tas projektēts atslēdzams no galvenās 3.3V kopnes ar MIC2090 mikroshēmu no *Microchip* (3.1.5. Att. U25).

Ja sensoru mezgls ir pieslēgts tīkla barošanai, tad to var arī izmantot paša sensoru mezgla barošanai. Tika izvēlēts IRM-02-5 sprieguma pārveidotājs no 220V AC uz 5V DC no *Meanwell Electronics* (3.1.5. Att. PS1). 5V spriegums tiek izmantots, lai lādētu bateriju un releja spoles strāvai. Tālāk sensoru mezgls tiek barots ar 3.3V, kas, tāpat, kā pirmajā prototipā, tiek iegūti ar impulsu barošanas avotu no baterijas sprieguma.

Papildus drošībai uzstādītas vairākas gaismas diodes, kas norāda vai

- pieslēgta tīkla barošana (LED4);
- ir aktīvs jaudas slēdzis (LED5).

Pie kam, paredzēti spraudņi J15 un J16 lai gaismas diodes varētu uzstādīt korpusa ārpusē, vai arī izmantotu signālu citām drošības sistēmām.

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

U3.1.4. Citi elektriskās shēmas uzlabojumi

Pirmajā plates prototipā nebija pieejama pastāvīga atmiņa, kur glabāt, piemēram, žurnālu failus sistēmas atklūdošanai. Tirgū pieejami dažādi atmiņu veidi, tie salīdzināti 3.1.1 tabulā

3.1.1. tabula. Dažādu atmiņas tehnoloģiju salīdzinājums.

	EEPROM	FRAM	NOR Flash	NAND Flash	SDcard Flash
Elektriskā jauda	Zema (~5mA)	Ļoti zema (~175 uA)	Augsta (60-100 mA)	Augsta (15-60 mA)	Augsta (30-250 mA)
Tipiska ietilpība	1Kbit-2Mbit	1 Kbit-2Mbit	1Mbit-2Gbit	256Mbit-64Gbit	2GB+
Cena	~1 Eur/Mbit	~4 Eur/Mbit	~8 Eur/Gbit	~0.5 Eur/Gbit	~1Eur/GB
Rakstīšanas/lasīšanas ātrums	Līdz 16 MHz	Līdz 16 Mhz	Līdz 100 Mhz	Līdz 100 Mhz	Līdz 100 Mhz
Interfeiss	I2C vai SPI	I2C vai SPI	SPI vai Paralēls	SPI vai Paralēls	SPI
Rakstīšanas ciklu skaits	$1 * 10^6$	$1 * 10^{14}$	$1 * 10^5$	$1 * 10^5$	$1 * 10^5$

Minimālais žurnālēšanas apjoms ierīcei vienāds ar nosūtāmo LoRa datu apjomu. Labākajā gadījumā ar izkliedes faktoru 7 (SF7) LoRa var raidīt ar ātrumu līdz 5.47 kbps līdz 30 sekundēm dienā, kas ir 164.1 kb ~ = 20.5 kB. Papildus aptuveni 5 kB dienā būtu jāparedz diagnostikas datiem. Tā kā ierīce var tikt atstāta darbojoties autonomi līdz pat 3 mēnešiem, nepieciešamā žurnālēšanas vieta ir 90 dienas * ~25 kB datu dienā = 2.25 MB datu. No 3.1.1. tabulas redzams, ka šādu ietilpību var nodrošināt dažādi Flash atmiņu veidi. Diemžēl šīm atmiņām ir liels enerģijas patēriņš (līdz pat 100 mA). Zemas enerģijas FRAM tik lielā ietilpībā nav pieejams un arī EEPROM ar lielu ietilpību jau tērē visnotaļ lielu jaudu. Rezultātā tika pieņemts lēmums uz plates atmiņu virsū nelikt vispār.

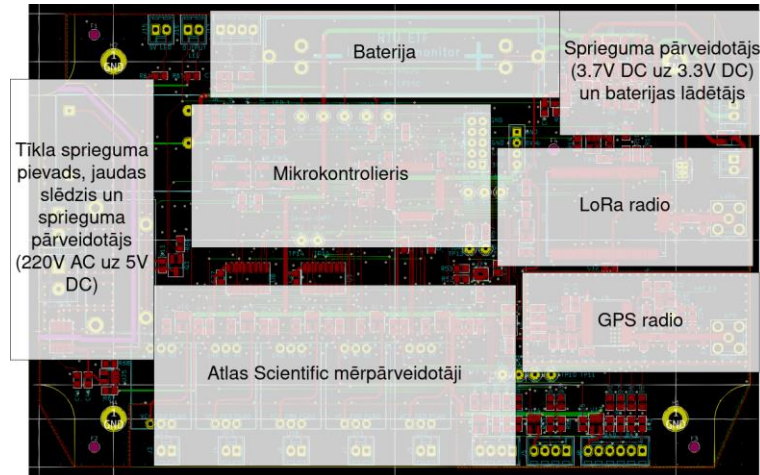
Lai mērītu baterijas spriegumu, paredzēts sprieguma dalītājs, ko iespējams atslēgt ar N tipa lauktranzistoru (elektriskā shēma lauktranzistors Q2).

U3.1.4. Otrā prototipa iespiedplate

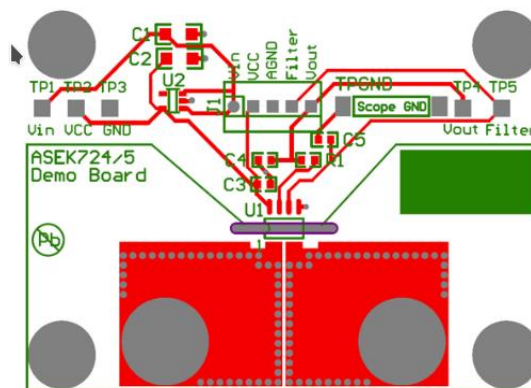
Otrā prototipa spiestās plates revīzija tāpat tika izstrādāta KiCAD programmā. Daļa no plates funkcionālajiem blokiem (mikrokontrolieris, baterija, baterijas sprieguma pārveidotājs, GPS un LoRa radio) tika atstāta nemainīga no pirmās plates versijas (3.1.6. Att.).

Šajā plates versijā īpaša vērība jāpievērš tīkla spriegumam pieslēgtajām komponentēm. Drošības nolūkā ievērots vismaz 3mm attālums starp tīkla sprieguma (220V) un zemsprieguma (0-5V) klājumiem un celiņiem. Papildus izolācijai izveidota 1mm plata sprauga alvas maskas slānī (*Solder Mask*). Lieljaudas tīkla sprieguma pieslēgumi veidoti kā nepārtraukti poligoni, kas regulāri šuvoti ar caurslēgumiem (*Vias*). Pēc *Allegro*

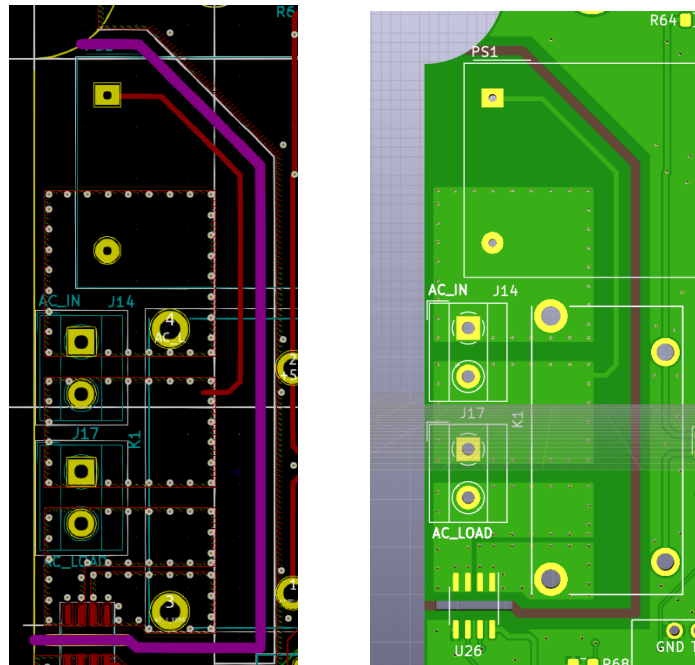
MicroSystems datu lapas, zem ACS725 mikroshēmas (elektriskajā shēmā U26) veidots papildu izgriezums (3.1.7. un 3.1.8. Att.).



3.1.6. Att. Iespiedplates funkcionālo bloku izvietojums.



3.1.7. Att. Rekomendētais mikroshēmas ACS725 iespiedplates klājums.



3.1.8. Att. Iespiedplates klājumi tīkla sprieguma tuvumā.

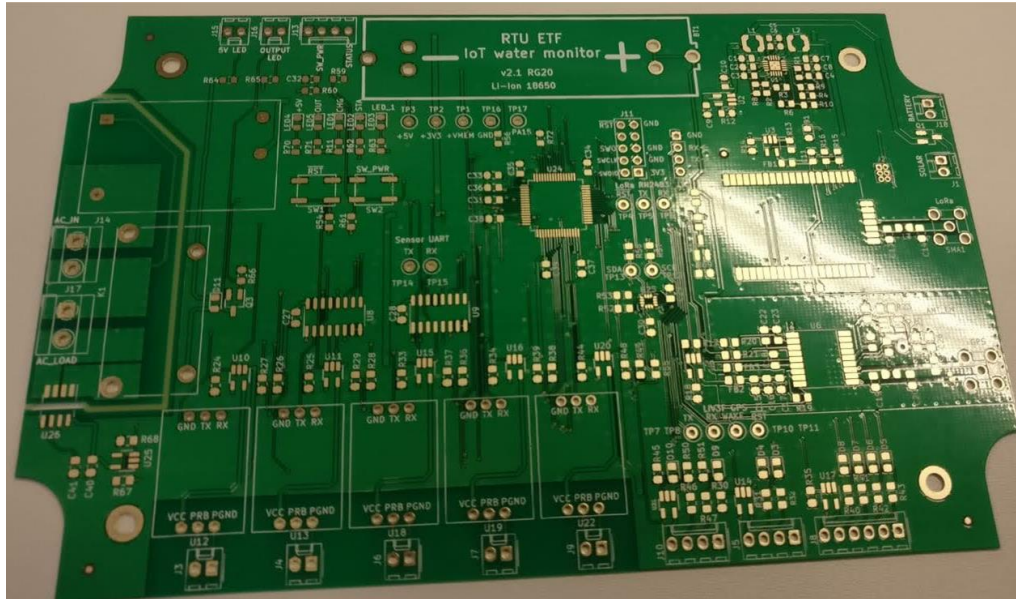
Iespiedplate tika izgatavota kompānijā *Elecrow* (3.1.9. Att.), tās svarīgākie parametri:

- Izmēri: 168x107 mm;
- Tekstolīta biezums: 0.8 mm;
- Vara pārklājums: ENIG;

Atvieglotai prototipu izgatavošanai tika izgatavota lodvietu maska (*Solder Stencil*), kas ļauj uzreiz uz visām lodvietām vienmērīgi uzklāt lodpastu un, pēc detaļu izvietojšanas, visu iespiedplati var salodēt reizē.

February 1, 2021

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**



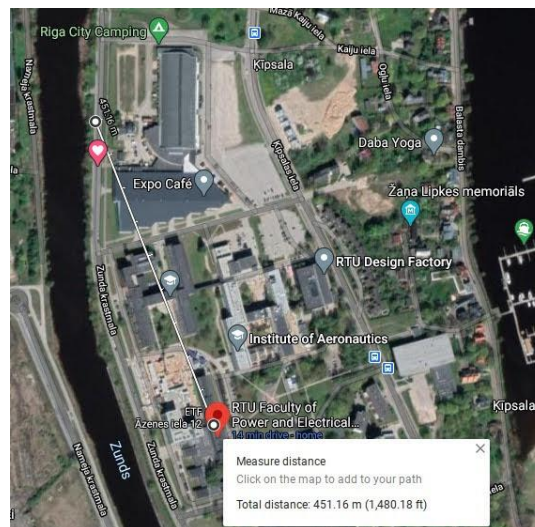
3.1.9. Att. Izgatavota otrā iespiedplates versija.

U3.2. Sistēmas RF sastāvdaļu testēšana dīkšaimniecībās

Pirmie LoRa pārklājuma testi tika veikti Rīgā, nelabvēlīgākos apstākļos: blīvi apbūvēta teritorija un bez tiešās redzamības. Tika izmantota *iFemtocell* vārteja no *Kerlink* (3.2.1. Att.). Tā aprīkota ar omnidirekcionālu ceturtdaļ-viļņa dipola antenu ar maksimālo pastiprinājumu 2 dBi. Kā uztverošā antena tika izmantota pusviļņa dipola omnidirekcionāla antena ar maksimāli pastiprinājumu 3 dBi. Neskatoties uz nelabvēlīgajiem sakaru kanāla apstākļiem tika realizēta stabila datu pārraide 450 metru attālumā izmantojot zemāko pieļaujamo izkliedes faktoru SF7 (3.2.2. Att.).



3.2.1. Att. Kerlink *iFemtocell*.



3.2.2. Att. Maksimālais realizētais LoRa pārklājuma attālums urbānā vidē.

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

Tālākie LoRa radio testi tika veikti dīķsaimniecībā Rēzeknē. Tika uzstādīta viena LoRa vārteja (*Wirnet Station* no *Kerlink*) aptuveni 3 metru augstumā virs zemes. Kā uztvērējs tika izmantots pirmais ierīces saliktais prototips (3.2.3. Att.). Pirmajam prototipam nav optimāli novietota antena – tā ir iekšā korpusā un tā ir paralēli horizontam, savukārt vārtejas antena ir perpendikulāri horizontam.

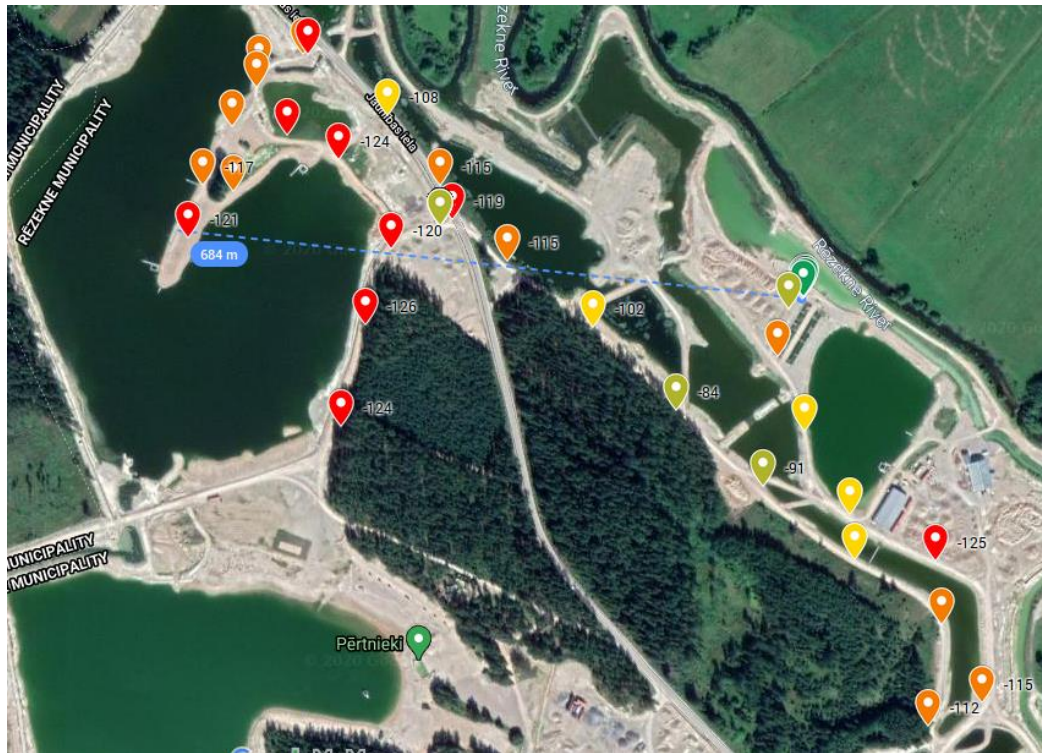
Tika veikti uztvertā signāla jaudas mērījumi visā dīķsaimniecības teritorijā (3.2.4. Att.). Kopumā lielākais realizētais signāla pārraides attālums bija 680 metri ar relatīvo signāla spēku -121 dB. Otrajam prototipam paredzēts izmantot antenu, kas montējas ārpus korpusa COMBO-ANT062 no *SR Passives* (3.2.5. Att.). Tā ir kombinēta GSM un GPS joslu antena nelielā izmērā ar labu laikapstākļu noturību.



3.2.3. Att. Uzstādītā *Kerlink Wirnet Station* vārteja dīķsaimniecībā Rēzeknē uz noliktavas jumta 3 metru augstumā.

February 1, 2021

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**



3.2.4. Att. Dīkšaimniecībā Pērtņieki uzņemtie relatīvie signāla jaudas dati.



3.2.5. Att. Otrajā prototipā izmantojamā antena COMBO-ANT062 no *SR Passives*.

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

U3.3. Devēju testēšana dīķsaimniecībās

Ūdens kvalitātes devēji tika testēti dīķsaimniecībā Rēzeknē. Devēji tika iegremdēti vairākos saimniecības dīķos dažādās vietās (3.3.1. Att.).



3.3.1. Att. Ūdens kvalitātes devēju testēšana dīķsaimniecībā.

Temperatūras devējs

Tips	A klases PT1000 rezistīvais temperatūras devējs
Mērījumu diapazons	-200 līdz +850 grādi
Precizitāte	+/- (0.15 + (0.002 * t)) Celsija grādi
Reakcijas laiks	13 sekundes
Atkārtotas kalibrācijas laiks	3-5 gadi
Mūža ilgums	15 gadi

Devēja mērījumi ir stabili, netika konstatēta atkārtotas kalibrācijas nepieciešamība.

Oksidēšanās-Reducēšanās potenciāla devējs

Tips	Platīna katalizatora tips
Mērījumu diapazons	+/- 2000 mV
Precizitāte	+/- 1 mV
Reakcijas laiks	95% vienā sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	~ 1 gads
Mūža ilgums	2+ gadi

Devēja mērījumi ir stabili, netika konstatēta atkārtotas kalibrācijas nepieciešamība.

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

February 1, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

Elektriskās vadītspējas devējs

Tips	Pasīvs grafīta devējs
Mērījumu diapazons	5 līdz 200'000 uS/m
Precizitāte	+/- 2%
Reakcijas laiks	90% vienā sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	10 gadi
Mūža ilgums	10 gadi

Devēja mērījumi ir stabili, netika konstatēta atkārtotas kalibrācijas nepieciešamība.

pH līmeņa devējs

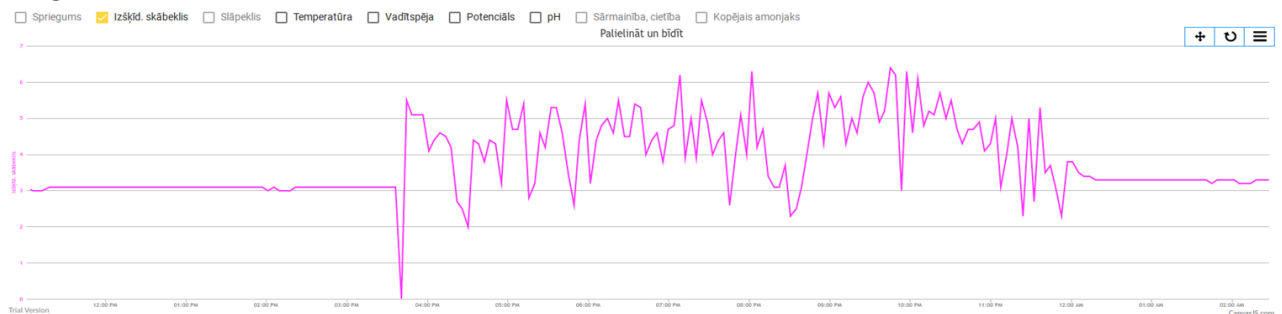
Tips	Stikla membrānas tipa
Mērījumu diapazons	0 – 14 pH
Precizitāte	+/- 0.002 pH
Reakcijas laiks	95% vienā sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	1 gads
Mūža ilgums	2.5+ gadi

Devēja mērījumi ir stabili, netika konstatēta atkārtotas kalibrācijas nepieciešamība.

Izšķīdušā skābekļa devējs

Tips	Galvanisks membrānas tipa
Mērījumu diapazons	0 līdz 100 mg/l
Precizitāte	+/- 0.05 mg/l
Reakcijas laiks	~0.3 mg/l sekundē
Atkārtotas kalibrācijas laiks	1 gads
Mūža ilgums	5+ gadi

Izšķīdušā skābekļa devējs pēc vairāku mēnešu lietošanas uzrāda neuzticamus rezultātus (3.3.2. Att.). Tas skaidrojams ar sensora uzbūvi: izšķīdušā skābekļa sensora darbības pamatā ir skābekļa difūzija caur īpašu membrānu un tā reducēšanās uz sensora katoda elektrolīta šķīdumā. Ar laiku nolietojas gan difūzijas membrāna, gan pats elektrolīta šķīdums. Pēc ražotāja ieteikuma kalibrācija un elektrolīta papildināšana jāveic reizi gadā.

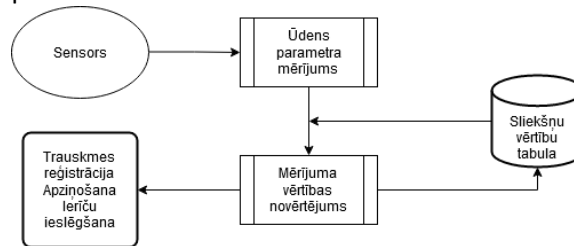


3.3.2. Att. Kļūdaini izšķīdušā skābekļa rādījumi devēja nolietojšanās dēļ.

U3.4. Programmatūras beta versijas testēšana sadarbībā ar aparātūras daļu, sistēmas pieskaņošana

Tiek nodrošināta sistēmas programmatūras daļas testēšana, sadarbībā ar aparātūras daļu.

Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības informācijas sistēmas (IS) svarīgāko nepārtrauktu darba ciklu var aprakstīt šādi – skat. 3.4.1. attēlu.



3.4.1. att. Darba cikls fizikālo lielumu sliekšņu vērtību izmantošanai bīstamības noteikšanai

Sistēmas pieskaņošanai ir nepieciešama mērāmo fizikālo lielumu sliekšņu vērtību noteikšana un izmaiņu iespējas katrai ūdenstilpei atsevišķi. Šajā projektā izmaiņas sliekšņu vērtībās atbilstoši gadiem uzkrātai pieredzei un izstrādātiem algoritmiem veiks cilvēks, bet, apkopojot šīs cilvēka veiktas izmaiņas un to, kādos gadījumos tie tika veikti, nākotnē ir plānots pielietot mākslīgā intelekta algoritmus turpmākai sistēmas pieskaņošanai.

3.4.1. Sliekšņu vērtības, to noteikšana, uzglabāšana, pielietošana un izmaiņas

Tad, kad kādas ūdenstilpes saimniecības objektu sarakstā tiek pievienots jauns LoRa mezgls, automātiski sliekšņu tabulā d_Levels tam tiks izveidoti ieraksti ar sākotnējām dēvēju sliekšņu vērtībām. Dēvēju komplektu un atbilstošus mērāmos fizikālos lielumus nosaka c_Sensors tabula. Regulāri ar Linux dēmona un attiecīgo Python servisa palīdzību šīs vērtības tiks pielietotas bīstamības stāvokļa novērtēšanai un attiecīgai rīcībai – trauksmes reģistrēšanai, lietotāju apziņošanai, nepieciešamo ierīču ieslēgšanai / izslēgšanai.

3.4.1.1. Sliekšņu vērtības (DB tabula)

DB līmenis d_Levels tabula		
Lauks	datu tips	apraksts
Id	int	PK (FK tabulām: d_Manipulations, d_Alarms)
fkReservoirs	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)
fkNodes	int	Piederība LoRa mezglam (FK no d_Nodes tabulas)
fkSensorType	int	Devēja tips (FK no c_Sensors tabulas)
Level	float	Sliekšņa vērtība

Description	varchar(1000)	Vērtības pamatojums
CheckInterval	int	Pārbaudes intervāls
LastCheckTime	datetime	Pēdējās pārbaudes laiks
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)
Status	bool	Aktīvs / neaktīvs

Reālā laikā katra LoRa mezgla katram dēvējam var būt tikai viens aktīvs sliekšnis.

Mērījumu datu plūsmai samazinoties (retāk veicot mērījumus), sliekšņi var tikt pārbaudīti uzreiz pēc mērījumu datu ierakstīšanas nevis ar atsevišķi izdalītu procesu.

3.4.1.2. Sliekšņu vērtības (rekomendējamo vērtību diapazons)

Informācija par svarīgākiem ūdens kvalitātes parametriem:

1.1. Izšķīdušais skābeklis – 2 -6mg/l.

Gan mazās gan pieaugušās zivis ātrāk uzņem svaru, kad ūdenī tiek nodrošināts pietiekams skābekļa daudzums.

1.2. Temperatūra – +18°C līdz +30°C.

Dažādām zivju sugām ir atšķirīgs arī ieteicamo temperatūru diapazons.

1.3. pH – 6.5-9

1.4. Sārmainība un cietība

Ieteicamā kopējā sārmainība un cietība virs 60 ppm.

1.4.1. Sārmainība – > 20ppm.

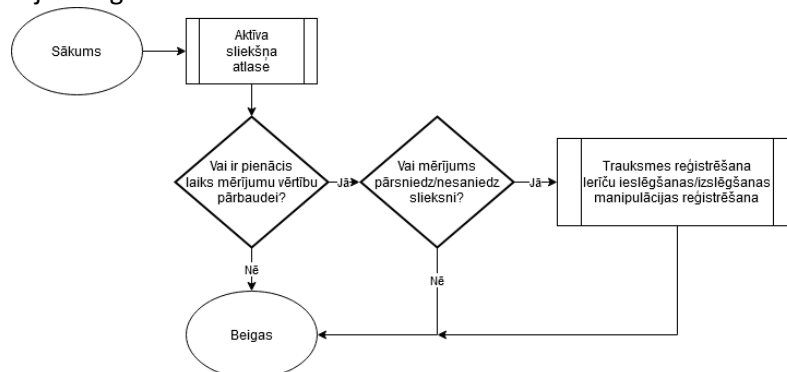
1.4.2. Cietība – > 20 ppm.

1.5. Kopējais amonjaks – ≤ 0.3-2 mg/l.

Toksiskā amonjaka proporcija ūdenī palielinās, pH palielinoties virs 7.

3.4.1.3. Sliekšņu vērtību pielietošana

Ar Linux dēmona palīdzību regulāri tiek iestartēts Python MySQL + TTN serviss, kurš pēc DB funkcijas izpildes rezultāta nodod/nenodod komandu ierīču ieslēgšanai/neieslēgšanai caur TTN saskarni. DB funkcija tiek realizēta pēc sekojošā algoritma – skat. 3.4.2. attēlu.



3.4.2. att. DB funkcijas algoritms mērījumu datu atbilstības sliekšņa vērtībai pārbaudei

3.4.1.4. Sliekšņu vērtību izmaiņas

Sliekšņu vērtību izmaiņas var veikt caur GUI “Manipulācijas ūdenstilpē” sadaļas “Manipulācijas ar sliekšņiem” apakšsadaļu. Pievienojot jauno sliekšni, no sarakstiem ir jāizvēlas ūdenstilpes konkrēts LoRa mezgls un devēja tips. Jebkura jaunā sliekšņa pievienošana padara par neaktīvu iepriekšējo atbilstošā tipa devēja sliekšni konkrētam LoRa mezglam. Sliekšņus nevar modificēt vai dzēst, jo to vērtības ir stūrakmeņi visai lēmumu pieņemšanai, tāpēc, lai izvairītos no pārpratumiem reģistrētiem un bez izmaiņām ir jāpaliek visiem ierakstiem par manipulācijām, kas ir veiktas ar sliekšņu vērtībām.

3.4.2. Iekārtu ieslēgšana / izslēgšana

Atbilstoši DP2 U2.1.2. ierīču ieslēgšana un izslēgšana tiek veikta ar datu lejupielādi uz LoRa mezglu, kas notiek īsu brīdi pēc mērījumu un citu datu augšupielādes. Tas, vai LoRa mezgls ir saņēmis komandu vai nē tiks atspoguļots tuvākajos LoRa mezgla ziņojumos “Status” ierakstos. Tāpēc uz LoRa mezglu nosūtītie ziņojumi turpmāk tiks uzskaitīti atsevišķi d_MeasCommandsOut tabulā un LoRa mezglu atbildes uz konkrētām komandām d_MeasStatusesIn. Uz šo divu tabulu datu pamata lietotājam tiks uzrādīts ierīču aktīvais stāvoklis – ieslēgts/izslēgts/nav zināms.

Šo tabulu datus daļēji dublēs arī automātiski pievienojami ieraksti d_Manipulations tabulā:

- Ja ir tikai nosūtīta komanda par ierīces ieslēgšanu – Amount stāvoklis ir 1
- Ja ir tikai nosūtīta komanda par ierīces izslēgšanu – Amount stāvoklis ir -1
- Ja ir atnācis apstiprinājums par komandas ierīces ieslēgšanai saņemšanu – Amount stāvoklis ir 10
- Ja ir atnācis apstiprinājums par komandas ierīces izslēgšanai saņemšanu – Amount stāvoklis ir -10

3.4.2.1. Komandas LoRa mezgliem (DB tabula)

DB līmenis d_MeasCommandsOut tabula		
Lauks	datu tips	apraksts
Id	int	PK
fkReservoirs	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)
fkNodes	int	Piederība LoRa mezglam (FK no d_Nodes tabulas)
Payload_raw	varchar(100)	TTN ziņojums pēc apstrādes
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)

3.4.2.2. LoRa mezglu ziņojumi par komandu izpildi (DB tabula)

DB līmenis d_MeasStatusesIn tabula		
Lauks	datu tips	apraksts
Id	int	PK
fkMeasurement	int	Mērījumu ziņojuma Id
output_state	bool	Tehniskais lauks
downlink_ack	bool	Komandas saņemšanas apstiprinājums
downlink_nack	bool	Komandas saprašanas apstiprinājums

3.4.3. Testēšanas sadarbībā ar aparatūras daļu rezultāti

Testēšanas rezultāti ir ilustrēti 3.4.3. attēlā un 3.4.4. attēlā.

February 1, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



3.4.3. att. Testēšanas rezultātu periodā 01.12.2020 – 20.01.2021

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

February 1, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



3.4.4. att. Testēšanas rezultātu periodā 13.01.2021 – 13.01.2021

DP2 Sistēmas laboratorijas prototipa izstrāde un testēšana 8.-14.mēn.

U3.5. Sistēmas darba prototipa salikšana, sagatavošana testēšanai dīkšsaimniecībās

Uzdevuma ietvaros tiek realizēta pilna sistēmas prototipa testēšana, iekļaujot aparatūras daļu- t.i. devējus, RF raidītājus, alternatīvās enerģijas avotus, vārteju u.c. komponentes, kā arī programmatūras daļu- lietotāja servera sagatavošana darbam.

3.5.1. Lietotāja servera sagatavošana darbam

Lai sāktu izmantot ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības informācijas sistēmu (IS), lietotāja serverī jābūt uzinstalētām sekojošām komponentēm:

- Python valoda, versija sākot ar 3.8.2
 - Flask kopne, versija sākot ar 1.1.2
 - Flask kopnes paplašinājums Flask-CORS, versija sākot no 3.0.8
 - Flask kopnes paplašinājums Flask-JWT, versija sākot no 0.3.2
 - Flask kopnes paplašinājums Flask-MySQLdb
 - Utilītprogrammu sakopojums The Requests Toolbelt, versija no 0.9.1
 - TTN modulis
 - MySQL modulis
- MySQL serveris, versija sākot ar 5.7
- JavaScript reāllaika vide Node.js, versija sākot ar 12.14.1
- Angular kopne, versija sākot no 8.3.23

Kad komponentes ir saliktas, var tikt iestartēti to izmantojošie procesi, servisi un aplikācijas:

- MySQL datu bāze (DB)
- Python uz Flask balstīts serviss datu saskarnei starp grafisko lietotāja interfeisu un DB
- Python uz TTN balstīti servisi saskarnei starp TTN serveri un DB
- Linux dēmons mērījumu datu plūsmas esamības uzmanīšanai un ūdens kvalitātes regulārā automatizēta monitoringa nodrošināšanai
- Uz Angular bāzes izveidota web-aplikācija – grafiskais lietotāja interfeiss (GUI)

3.5.1.1. MySQL DB sagatavošana darbam

IS datu bāzē obligāti jābūt ievadītiem sekojošiem datiem sekojošās tabulās – relācijas hierarhijas stūrakmeņi:

- sistēmas lietotāju tabulā – c_Users (drošības apsvērumu dēļ līdz DP4 beigām tas būs iespējams tikai DB pa tiešo)
 - obligāti jābūt ievadītiem ierakstiem, kas apraksta TTN apraidi nodrošinošās aplikācijas (katrai aplikācijai ir savs unikāls app_id identifikators)
- dīkšsaimniecību tabulā – d_Ponds (drošības apsvērumu dēļ vienmēr tikai DB pa tiešo)
- fizikālo lielumu tabulā – c_PhysicalQuantity (drošības apsvērumu dēļ vienmēr tikai DB pa tiešo) skat. 3.5.1. attēlu.

February 01, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

Id	Title Fizikālā lieluma nosaukums	Description Fizikālā lieluma apraksts	Units Fizikālā lieluma mērvienība
1	Spriegums	Baterijas spriegums	V
2	Izšķīd. skābeklis	Izšķīdušais skābeklis	mg/l
3	Slāpekļis	Slāpekļis	mg/l
4	Temperatūra	Ūdens temperatūra	°
5	Vadītspēja	Vadītspēja	S
6	Potenciāls	Oksidēšanas-reducēšanas potenciāls	mB
7	pH	pH līmenis	-
8	Sārmainība, cietība	Sārmainība un cietība	ppm
9	Kopējais amonjaks	Kopējais amonjaks	mg/l

3.5.1. att. Fizikālo lielumu tabula

3.5.1.2. Python Flask servisa sagatavošana darbam

Python Flask serviss paredzēts reaģēšanai uz sekojošām GUI maršrutēšanā izmantojamām adresēm:

- `@app.route('/api/proc/<string:table>', methods=['GET'])`
DB `list_*` procedūru izsaukšanai bez identifikatora – atpakaļ no DB atnāk saraksts
- `@app.route('/api/proc/<string:table>/<int:id>', methods=['GET'])`
DB `get_*` procedūru izsaukšanai – atpakaļ no DB atnāk viens ieraksts
- `@app.route('/api/proc/<string:table>/<int:id>/<string:fktypename>', methods=['GET'])`
DB `list_*` procedūru izsaukšanai ar identifikatoru – atpakaļ no DB atnāk saraksts
- `@app.route('/api/measurements/<int:reservoir_id>/<string:start>/<int:dur>', methods=['GET'])`
mērījumu rezultātu izgūšanai no DB pēc ūdenstilpes identifikatora numura
- `@app.route('/api/img/<string:table>/<int:id>', methods=['GET'])`
attēlu izgūšanai no DB pēc attēla identifikatora numura
- `@app.route('/api/proc/<string:table>', methods=['POST'])`
DB `add_*` procedūru izsaukšanai
- `@app.route('/api/proc/<string:table>', methods=['PUT'])`
DB `modify_*` procedūru izsaukšanai
- `@app.route('/api/proc/<string:table>/<int:id>', methods=['DELETE'])`
DB `delete_*` procedūru izsaukšanai

Pieklūve maršrutēšanas adrešu analīzei ir iespējama tikai pēc veiksmīgas autorizācijas.

3.5.1.3. Python TTN servisa sagatavošana darbam

Iestartējot Python TTN servisu ir jāpārliedzina par mērījumu ziņu atnākšanu. Ziņas teksta piemērs:

```
Received uplink from water-station-1
MSG(app_id='lora-first-test',
    dev_id='water-station-1',
    hardware_serial='0004A30B00E9332C',
    port=1,
    counter=12629,
    payload_raw='AwAfVABRvSo=')
```

DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 01, 2021

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

```
payload_fields=MSG(battery_voltage=None,
                   conductivity=0,
                   dissolved_oxygen=4.2,
                   location=MSG(),
                   nitrogen=None,
                   orp=-176,
                   ph=9.45,
                   status=MSG(downlink_ack=False,
                              downlink_nack=False,
                              output_state=False,
                              raw=0),
                   temperature=27.6),
metadata=MSG(time='2020-08-11T16:30:05.379490517Z',
              frequency=867.5,
              modulation='LORA',
              data_rate='SF7BW125',
              airtime=56576000,
              coding_rate='4/5',
              gateways=[MSG(gtw_id='eui-7276ff00390307e6',
                           timestamp=1062946795,
                           time='',
                           channel=2,
                           rssi=-32,
                           snr=6.8,
                           rf_chain=0)]))
```

3.5.1.4. Linux dēmona sagatavošana darbam

Linux dēmon tiek realizēts ar crontab palīdzību, kurš regulāri startē atbilstošus Shell skriptus.

crontab darbu saraksta ieraksta piemērs ik 10 minūšu izpildīšanai:

```
*/10 * * * * /home/user/ScriptsShell/processes_to_check_every_10_minutes.sh
```

Shell skripta piemērs mērījumu datu plūsmu apstrādājošā Python TTN servisa monitoringam:

```
#!/bin/sh
if ps -ef | grep -v grep | grep ttn_POST_write_to_DB.py ; then
    date >> /home/user/ScriptsShell/processes_10_minutes.log
    echo "ttn_POST_write_to_DB.py: OK\n" >> /home/user/ScriptsShell/processes_10_minutes.log
    exit 0
else
    python /home/user/ScriptsPython/ttn_POST_write_to_DB.py &
    date >> /home/user/ScriptsShell/processes_10_minutes.log
    echo "ttn_POST_write_to_DB.py: problem" >> /home/user/ScriptsShell/processes_10_minutes.log
    echo "ttn_POST_write_to_DB.py: restarted\n" >> /home/user/ScriptsShell/processes_10_minutes.log
    exit 0
fi
```

U3.5. Sistēmas darba prototipa salikšana, sagatavošana testēšanai dīkšsaimniecībās**Vārtejas un sensora mezgla sagatavošana darbam ar *The Things Network***

Vispirms tika veikta vārtejas iestatīšana darbam ar *The Things Network* LoRa tīkla serveri. Uz vārtejas *Kerlink Wirnet Station* darbojas Linux tipa operētājsistēma KerOS. Vārtejas sagatavošana sastāv no sekojošiem soļiem:

1. No ražotāja nepieciešams lejupielādēt jaunāko vārtejas programmatūras pakotni;
2. Programmatūras pakotni nokopē uz USB datu nesēju;
3. Datu nesējs tiek pievienots vārtejai un tā automātiski veic programmas atjaunošanu;
4. Vārtejai pievieno ethernet kabeli un pieslēdzas ar SSH. Noklusējuma tīkla adrese ir 192.168.4.155, lietotājvārds: *root* un parole ir konkrētās ierīces ražotāja sērijas numurs.
5. Tīkla uzstādījumi tiek iestatīti ar divām datnēm: `/etc/sysconfig/network` un `/knet/knetknetd.xml`. Tā kā dīkšsaimniecībā nav pieejams internets caur ethernet kabeli, tika uzstādīta pieeja 3G tīklam aizpildot atslēgas GPRSAPN, GPRSPIN, GPRSUSER un GPRSPASSWORD, kā arī jāizvēlas noklusējuma interneta servisa nodrošinātājs iestatot:

```
<AREA id="default">  
<ACCESS_POINT bearer="gprs" />  
</AREA>
```

6. Vārtejā nepieciešams uzstādīt LoRa pakešu releju (*Common Packet Forwarder*). To iespējams lejupielādēt no *Kerlink*.
7. Pakešu releju uzstāda līdzīgi kā programmatūras atjauninājumu – nokopē uz USB datu nesēju, ko pēc tam ievieto *Wirnet Station* USB ligzdā.
8. Pakešu releja frekvenču plāns tiek iestatīts ar datni `/mnt/fsuser-1/lorad/etc/default/lorad`. KerOS pēc noklusējuma uzstādīts *The Things Network* Eiropas frekvenču plāns.
9. Pakešu releja tīkla servera adrese tiek iestatīta ar datni `/mnt/fsuser-1/lorafwd/etc/lorafwd.toml`. Šeit nepieciešams uzstādīt sekojošas vērtības darbam ar *The Things Network* eiropas serveri:

```
node = "router.eu.thethings.network"  
  
service.uplink = 1700  
  
service.downlink = 1700
```

10. Pēdējais solis ir vārtejas reģistrācija *The Things Network* vadības panelī. Tam nepieciešams vārtejas EUI numurs, ko var atrast datnē `/mnt/fsuser-1/loraboard_conf.json` pēc atslēgas `gateway_ID`. (3.5.1. Att.)

DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 01, 2021

Projekts „ Īdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

The screenshot shows the 'REGISTER GATEWAY' form. It includes fields for 'Gateway EUI' (00 11 22 33 44 55 66 77), a checkbox for 'I'm using the legacy packet forwarder', a 'Description' field (Test gateway), a 'Frequency Plan' dropdown (Europe 868MHz), and a 'Router' dropdown (ttn-router-eu). Each field has a green checkmark indicating it is valid.

3.5.1. Att. Jaunas vārtejas reģistrācijas logs *The Things Network* vadības panelī

Lai sagatavotu sensoru mezglu darbam, vajadzīgs zināt vien tā unikālo LoRa modema EUI numuru. To ievada *The Things Network* vadības panelī reģistrējot jaunu gala ierīci (3.5.2. Att.).

The screenshot shows the 'REGISTER DEVICE' form. It includes fields for 'Device ID' (test_device), 'Device EUI' (00 11 22 33 44 55 66 77), 'App Key' (this field will be generated), and 'App EUI'. The 'Device ID' and 'Device EUI' fields have green checkmarks. The 'App Key' field is a text input with a pencil icon. The 'App EUI' field is a dropdown menu.

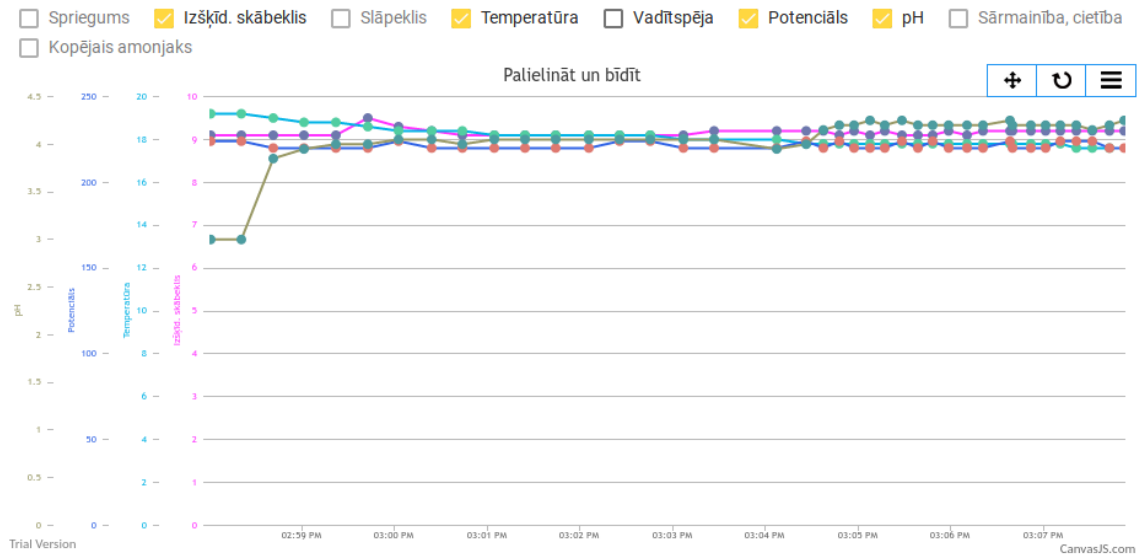
3.5.2. Att. Jaunas gala ierīces reģistrācijas logs *The Things Network* vadības panelī.

February 01, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

Sistēmas testēšana dīksaimniecībā

Pilnībā salikts pirmais prototips tika testēts dīksaimniecībā Rēzeknē. Sensoru mezgls tika aprīkots ar vienu 18650 tipa litija jonu akumulatoru un 100 mW saules paneli. Testu laikā sensoru mezgls periodiski mērīja ūdens parametru un tos sūtīja uz tīkla serveri (*The Things Network*). Tālāk dati caur HTTP pieprasījumiem tiek padoti tālāk uz projektā izstrādāto datu apkopojuma sistēmu (3.5.3. Att.).

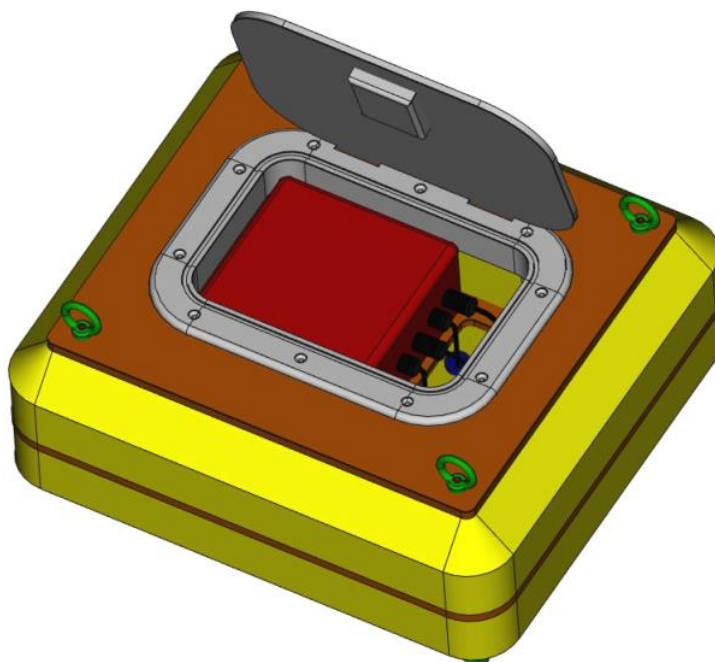


3.5.3. Att. Dīksaimniecībā veikti pilnas sistēmas mērījumi.

Prototipu korpusu izstrāde

Veicot mērījumus dīķsaimniecībā un saņemot izsmeļošu dīķsaimniecības īpašnieka konsultāciju, tika noskaidrotas prasības attiecībā uz iespējamiem iekārtu korpusiem. Iekārtām vajadzētu atrasties dīķa dažādās malās tālu no krasta- vienlaikus samazinot arī to pieejamību nepiederošām personām. Līdz ar to tika pieņemts lēmums katram sensoru mezglam izprojektēt peldošu platformu, kas noturētu to virs ūdens, kā arī ļautu izvietot visas nepieciešamas komponentes.

Attēlā var redzēt peldošās platformas 3D modeli:

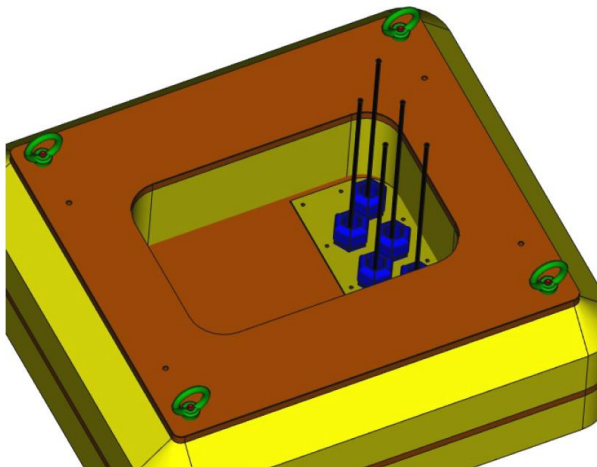
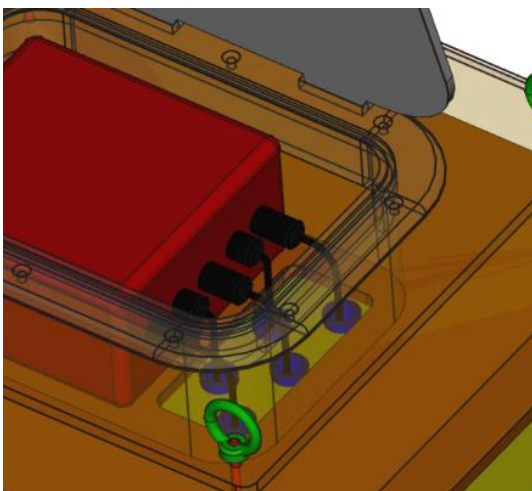


3.5.4.att. Peldošās platformas modelis

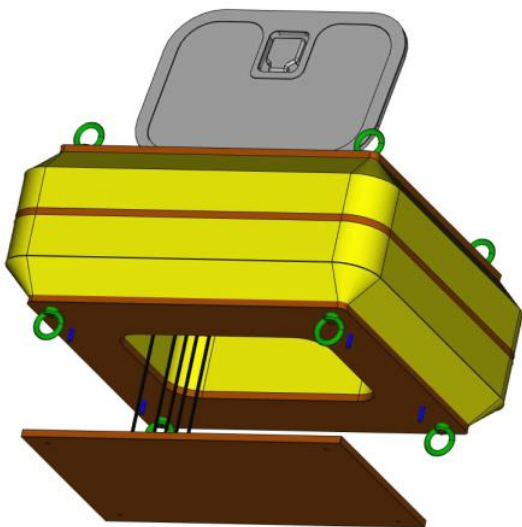
Platforma tiek veidota no putuplasta un finiera, kas tiek pārklātas ar biezu poliuretāna pārklājumu, nodrošinot ūdensnecaurlaidību un izcilu izturību. Konstrukcija tiek savienota ar gariem vītņstieņiem ar o-ring savienojumiem galos, kas nodrošina arī iespējas noenkurot platformu (piesienot nepieciešama garuma auklas). Augšā tiek novietota ūdensdroša lūka, zem kuras tiek novietota kaste ar elektroniku ar devēju un antenu izvadiem. Devēju izeja uz platformas apakšējo malu ir parādīta 3.5.5. attēlā.

February 01, 2021

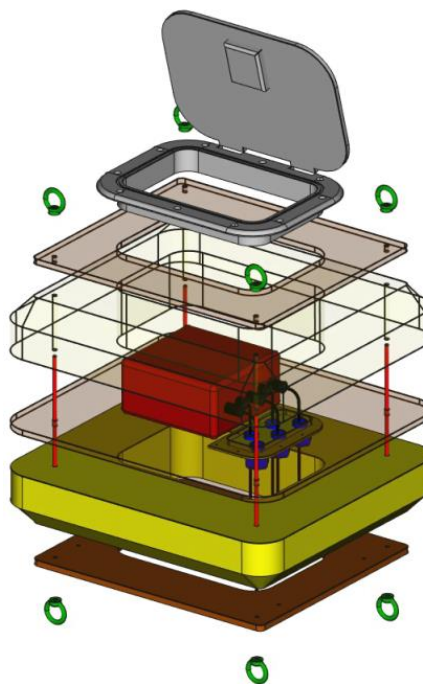
Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003



3.5.5.att. Devēju pārejas no kastes ar elektroniku uz platformas apakšējo daļu.



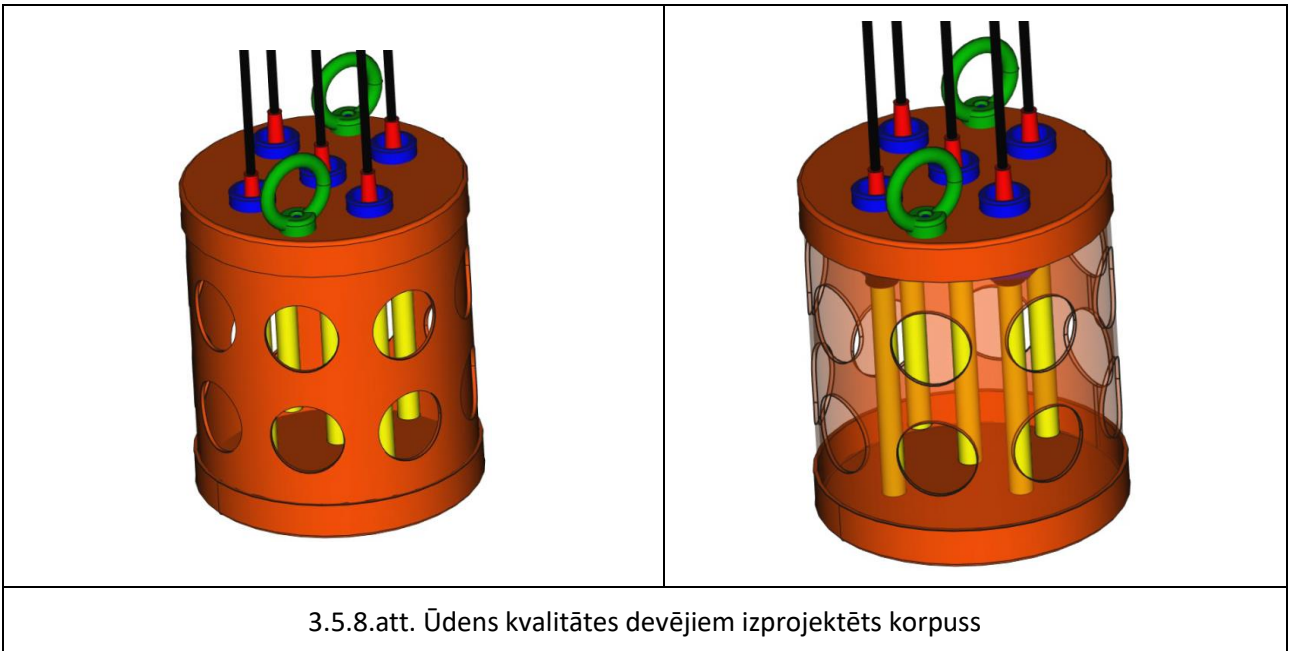
3.5.6.att. Apakšējā nodalījuma vāks



3.5.7.att. Konstrukcijas kopskats.

Konstrukcijas apakšā tiek izveidots nodalījums devēju moduļa un garo vadu izvietojšanai. Transportēšanas laikā tiek paredzēts apakšējo nodalījumu taisīt ciet ar vāku (3.5.6.att.). Lietošanas laikā vāks tiek noņemts, ļaujot tikt klāt devējiem. Konstrukcijas kopskats ir parādīts 3.5.7. att.
DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

Ūdens kvalitātes mērīšanas devēji tiek novietoti atsevišķā PVC korpusā, kas ļauj aizsargāt devēju trauslos korpusus no iespējamiem mehāniskiem bojājumiem ekspluatācijas laikā. Vienlaikus, tiek nodrošināta pietiekama ūdens pieplūde un plūsma, lai ļautu nolasīt precīzus ūdens kvalitātes rādītājus.



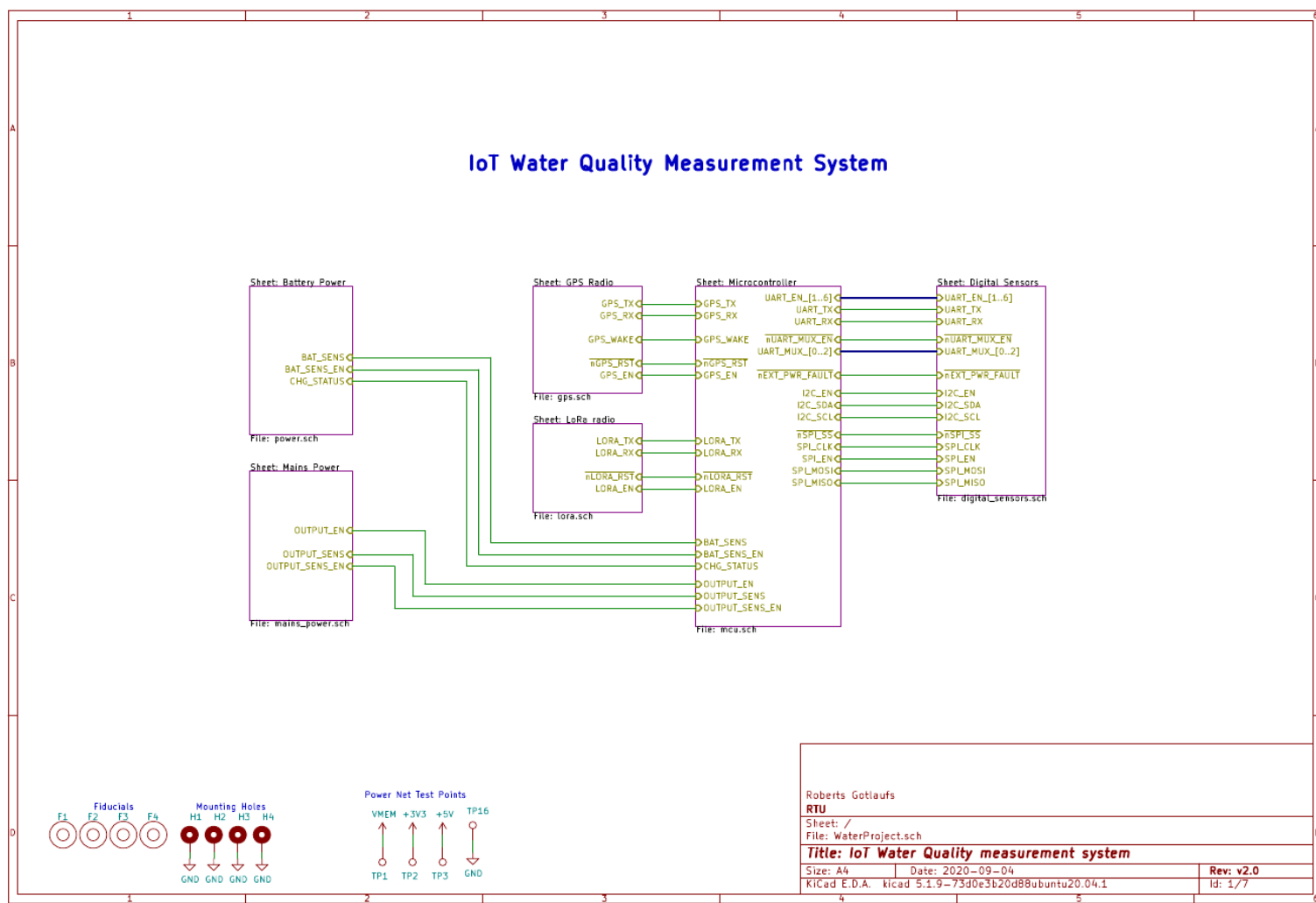
Devēju modulis ar auklām tiks stiprināts pamata korpusam , lai samazinātu mehānisko slodzi uz savienojošiem kabeļiem un nodrošinātu mērījumu izvēlētā dziļumā. Detalizēti rasējumi ir pieejami šīs atskaites pielikumā.

Laboratorijas apstākļos tika izveidots konceptuāls prototips peldspējas pārbaudei (bilde ir pieejamas pielikumā). Tika pasūtītas komponentes 6 platformu izveidei un salikšanai.

February 1, 2021

Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

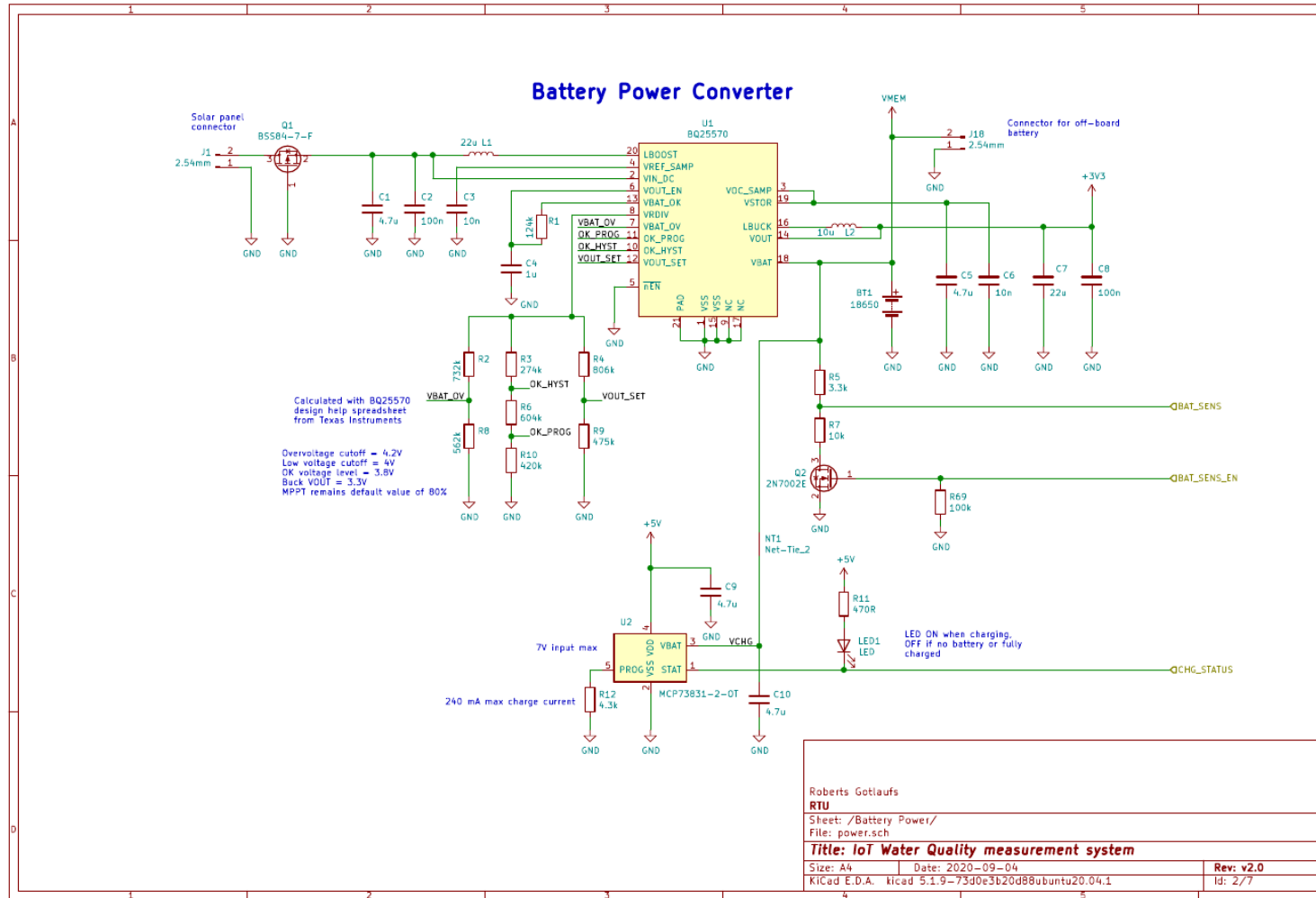
Pielikumi U3.1. Shēmetechnisko risinājumu izstrāde



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

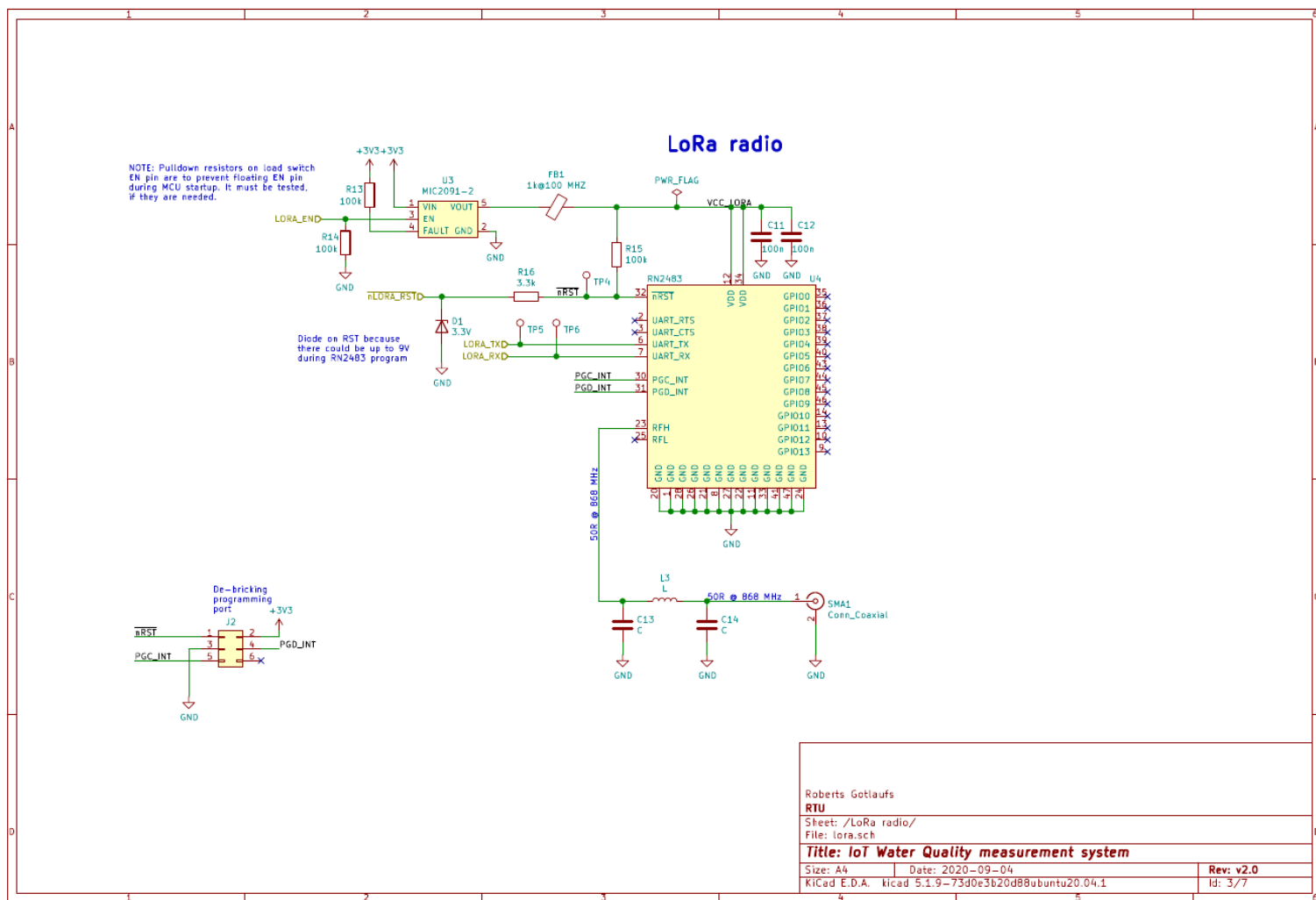
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

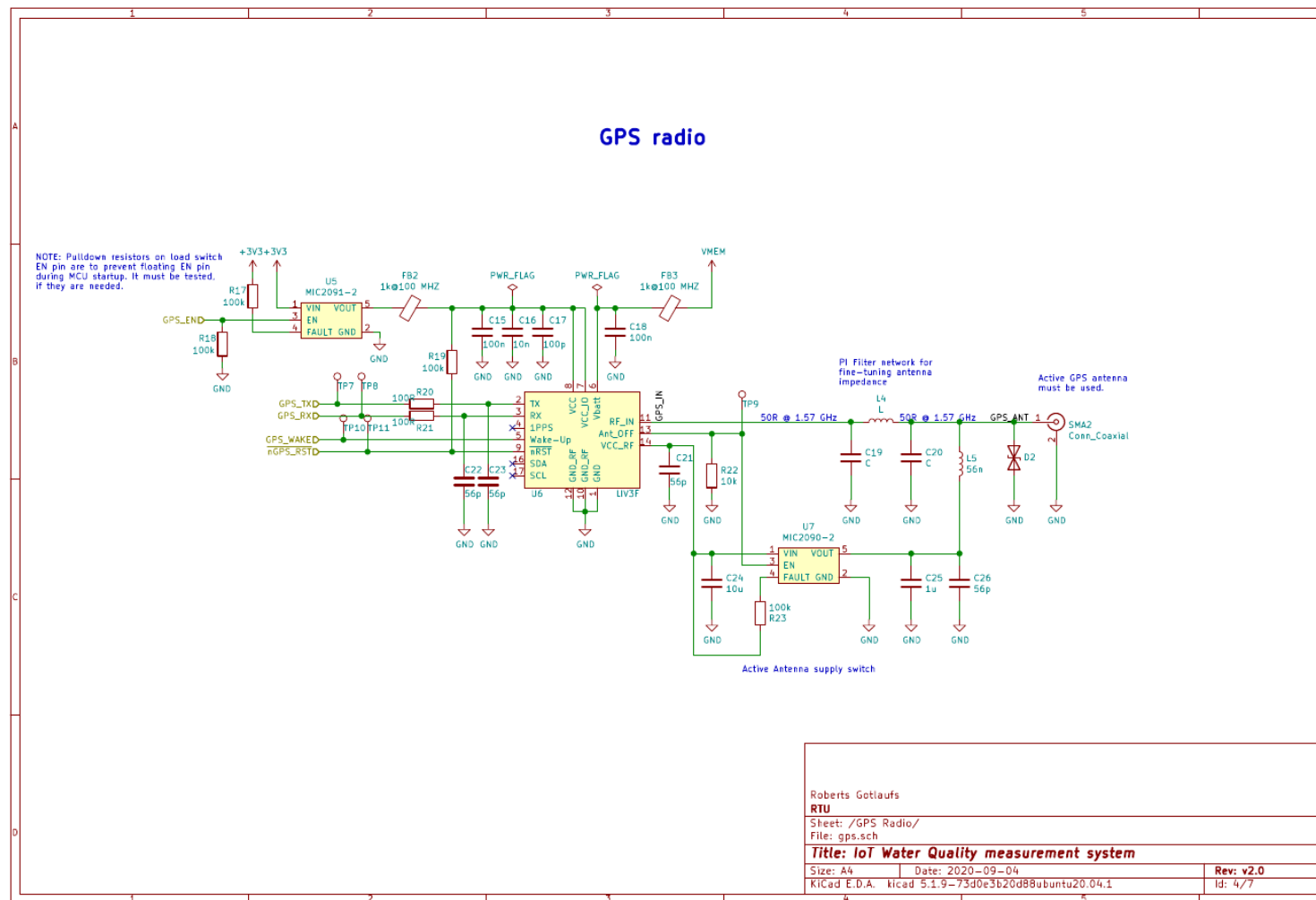
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

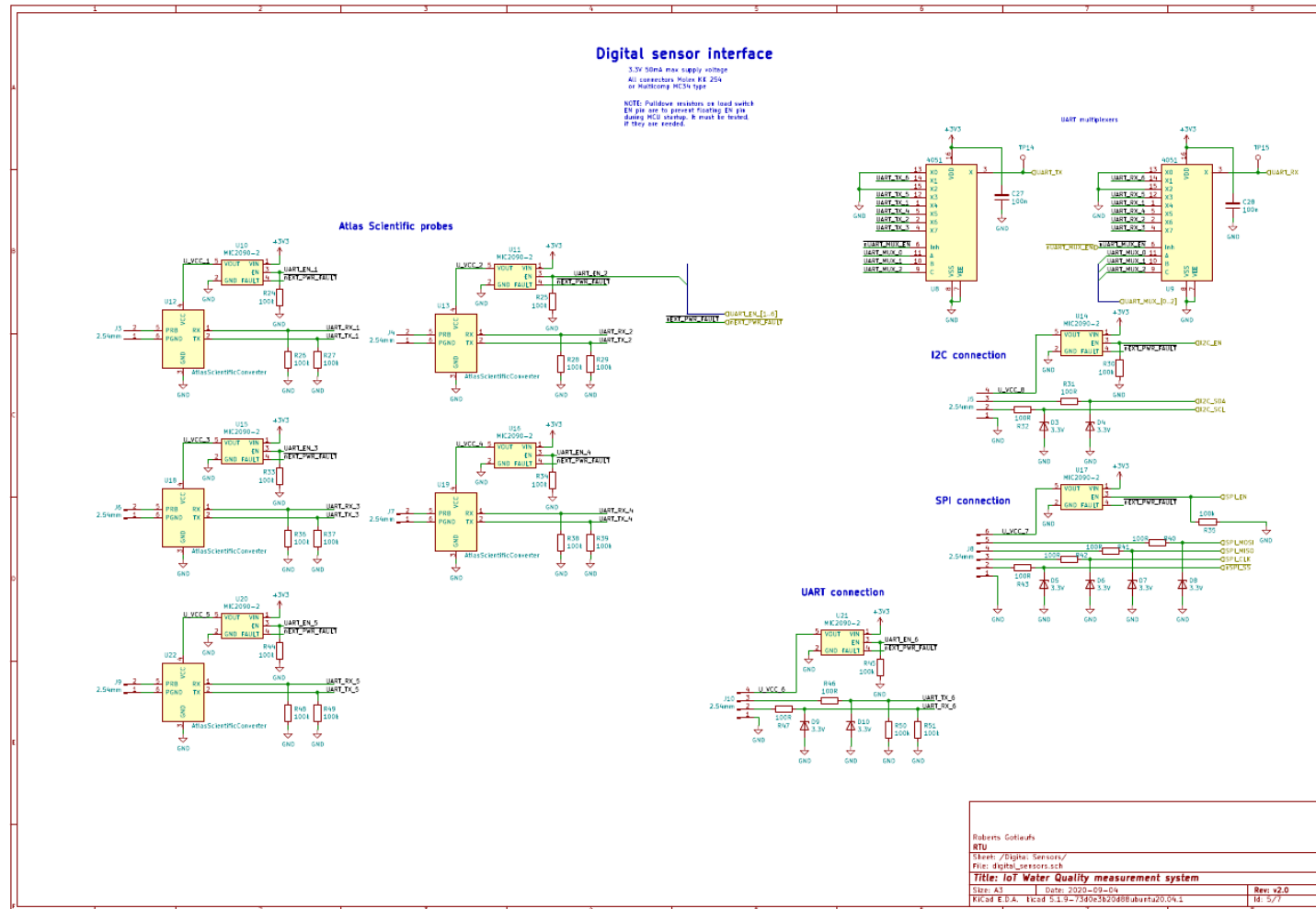
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

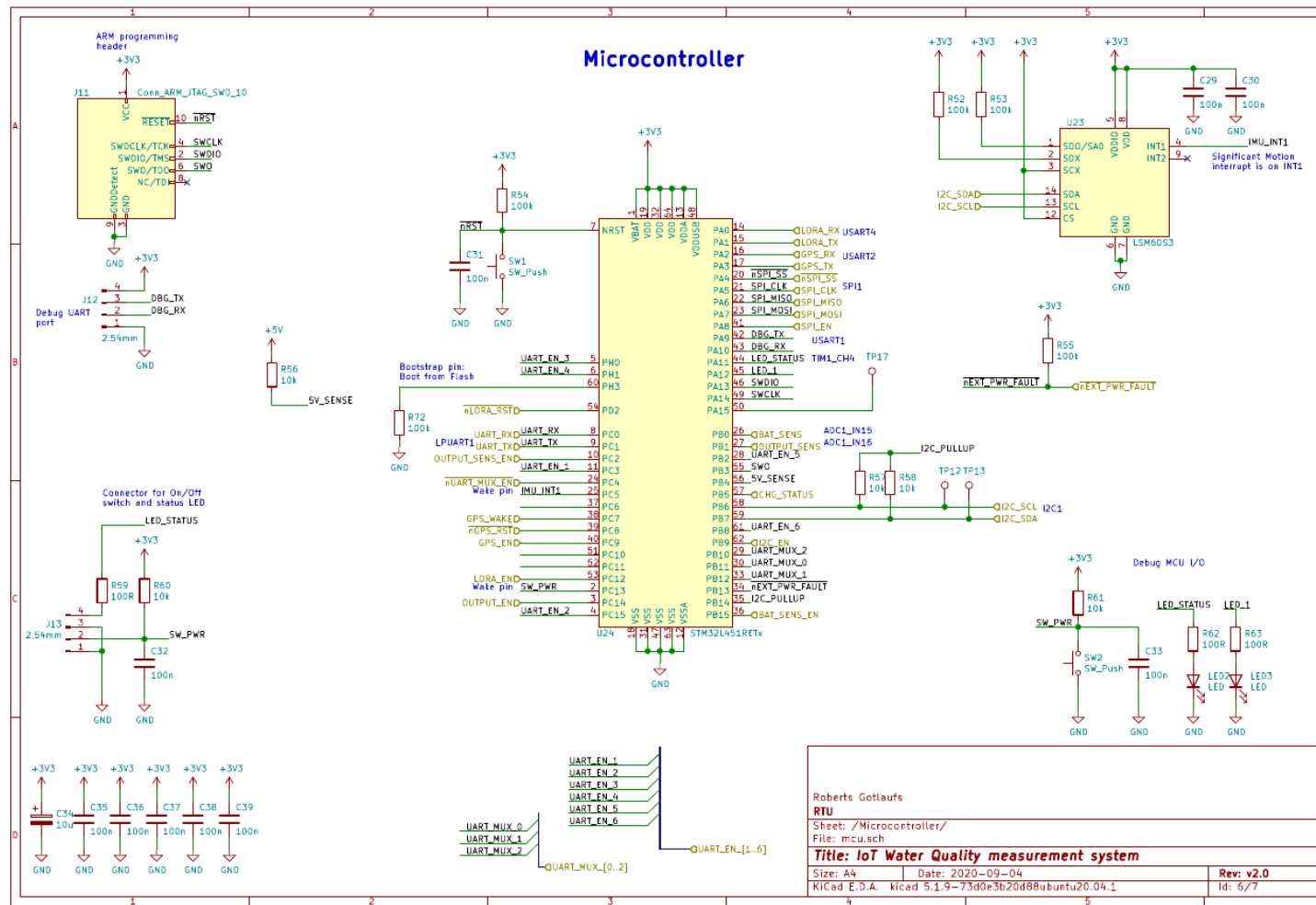
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

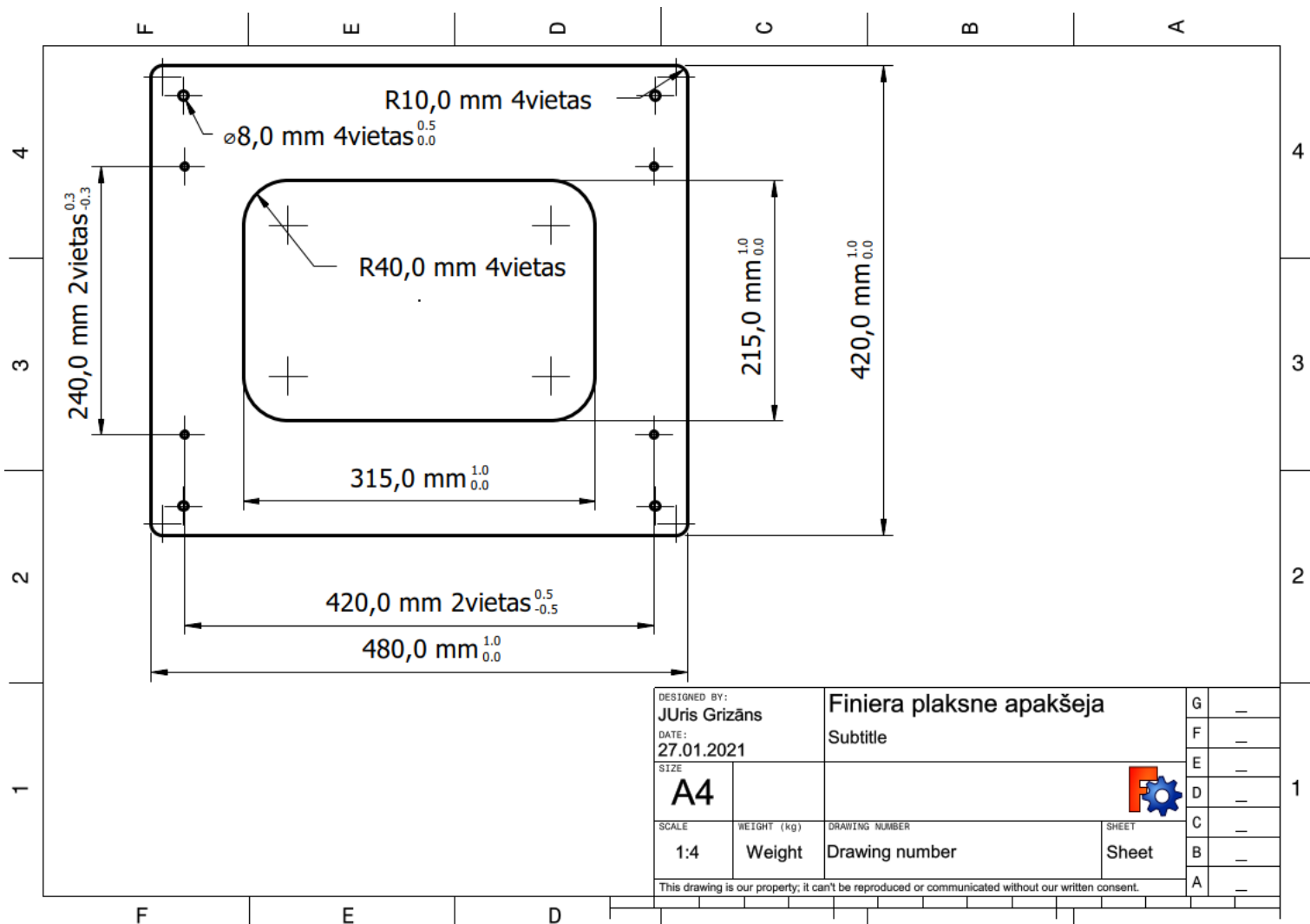
Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



February 1, 2021

Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

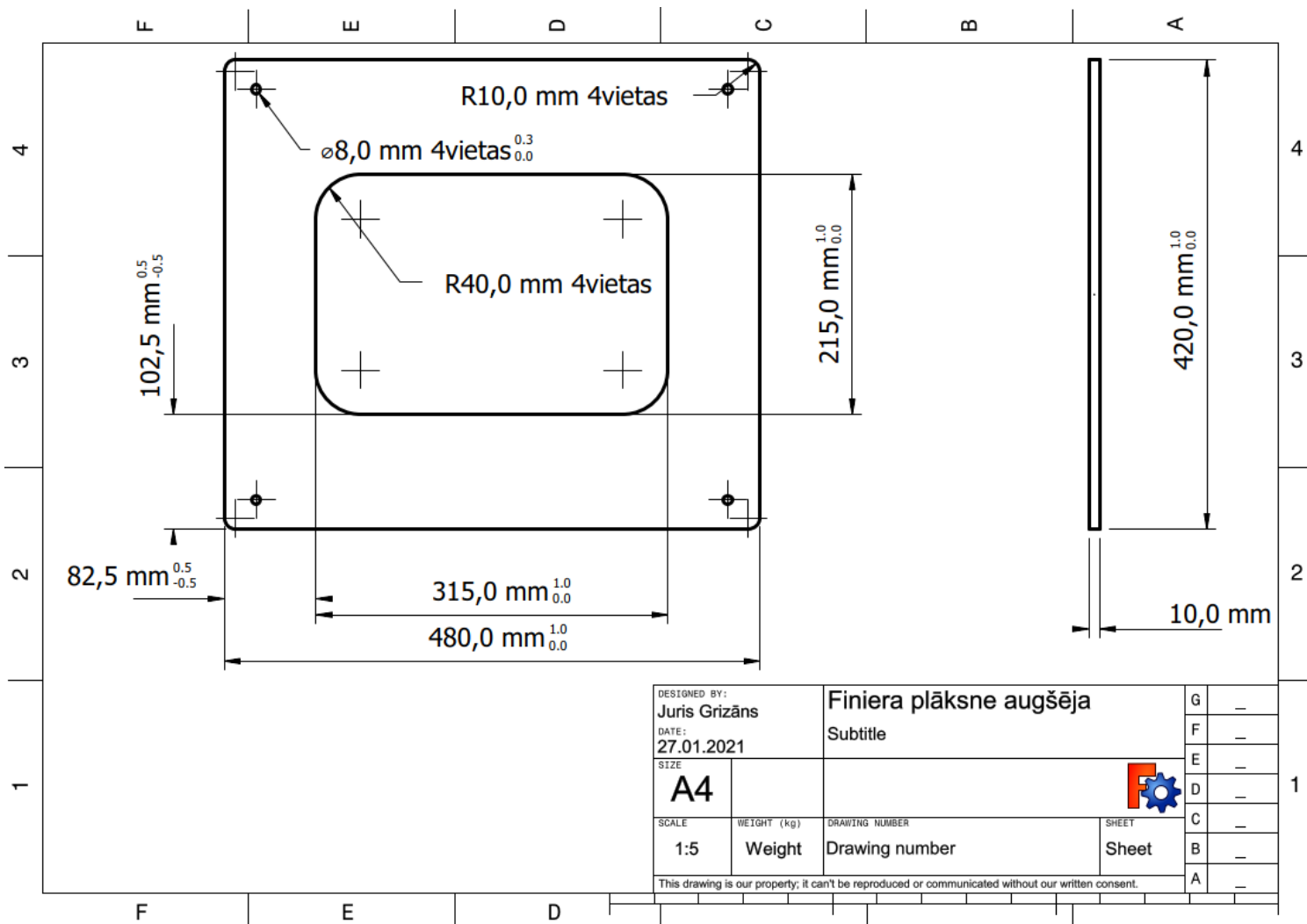
Pielikumi U3.5. Peldošās platformas rasējumi



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

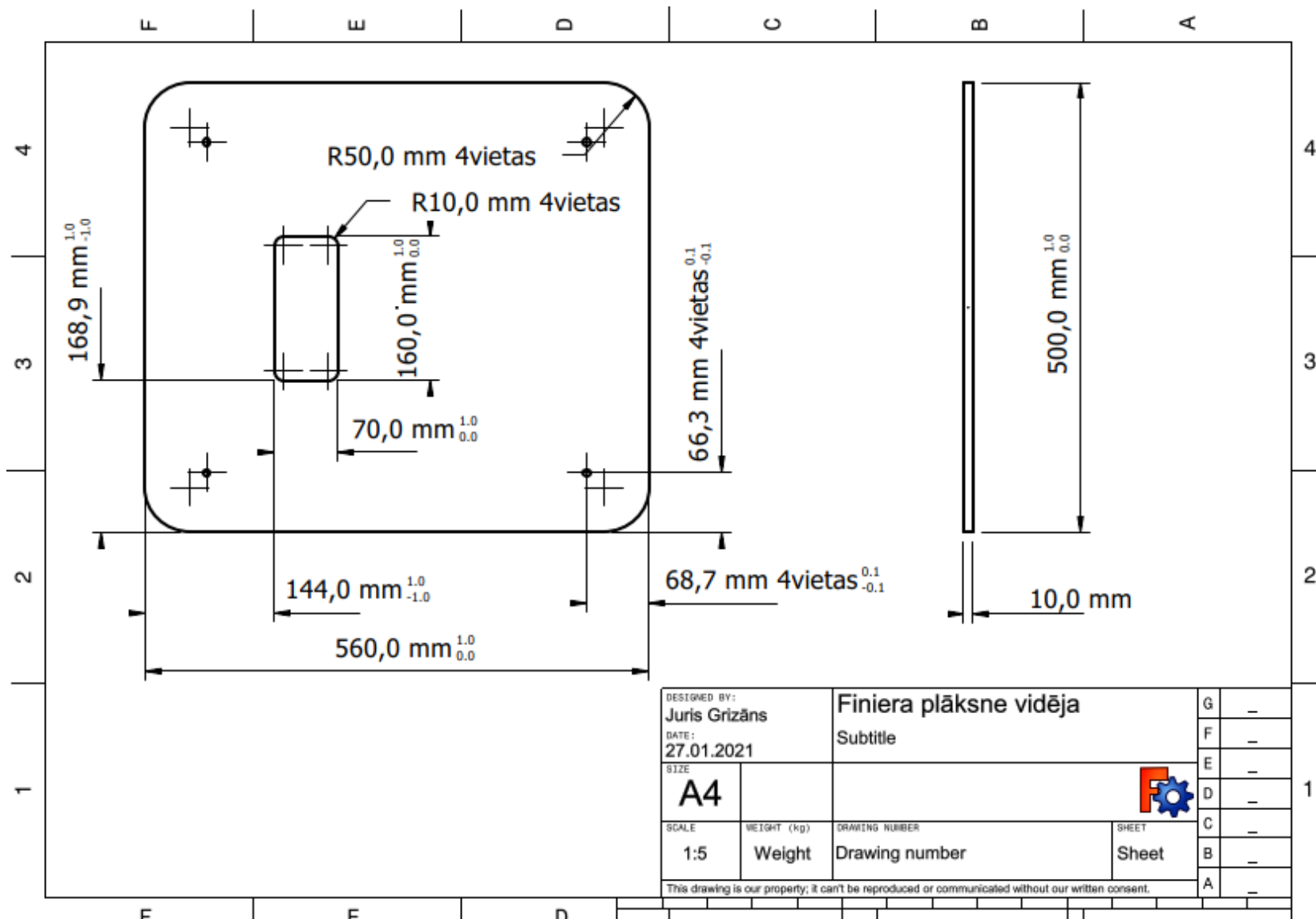
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

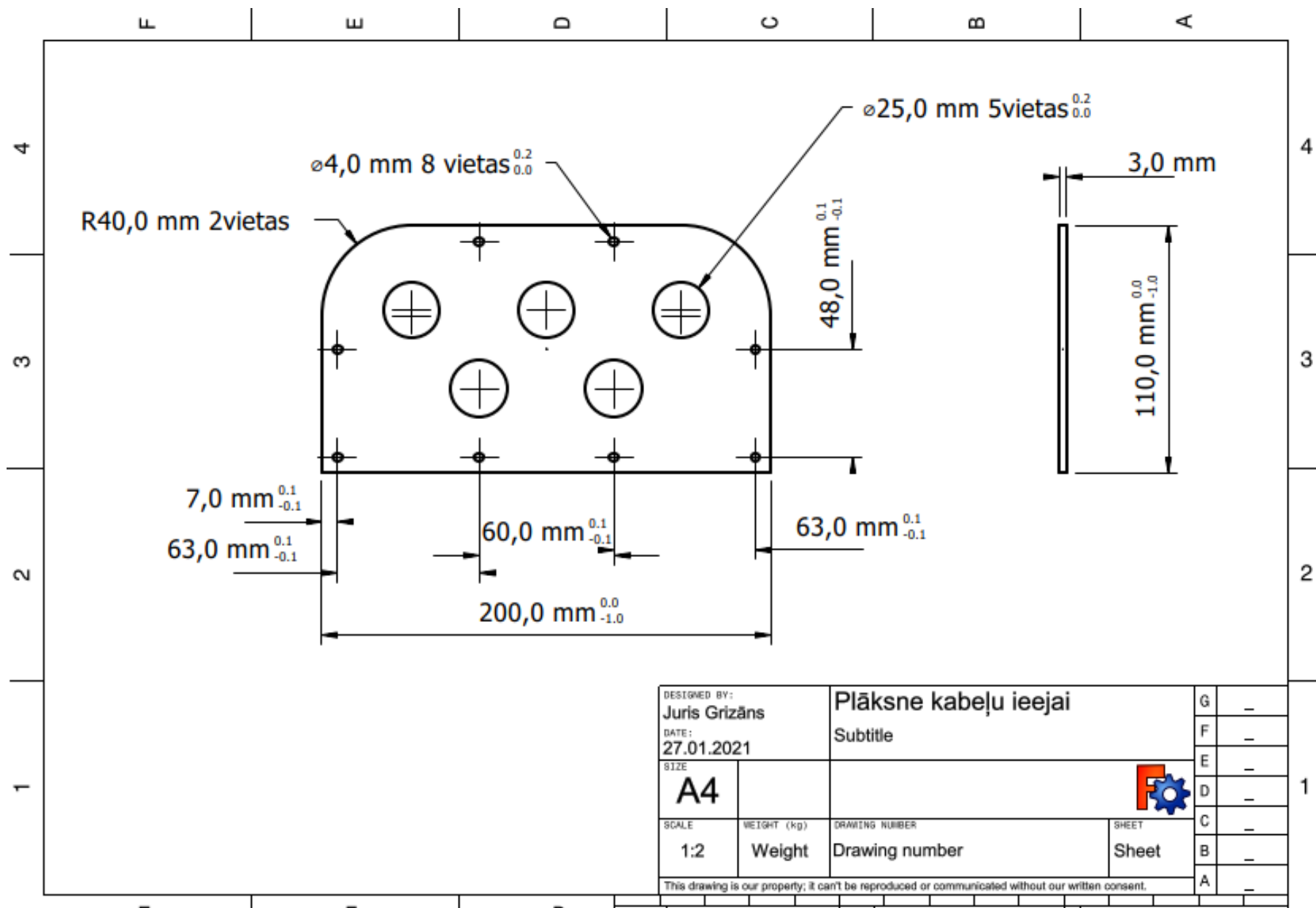
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

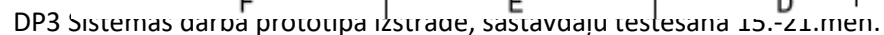


DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

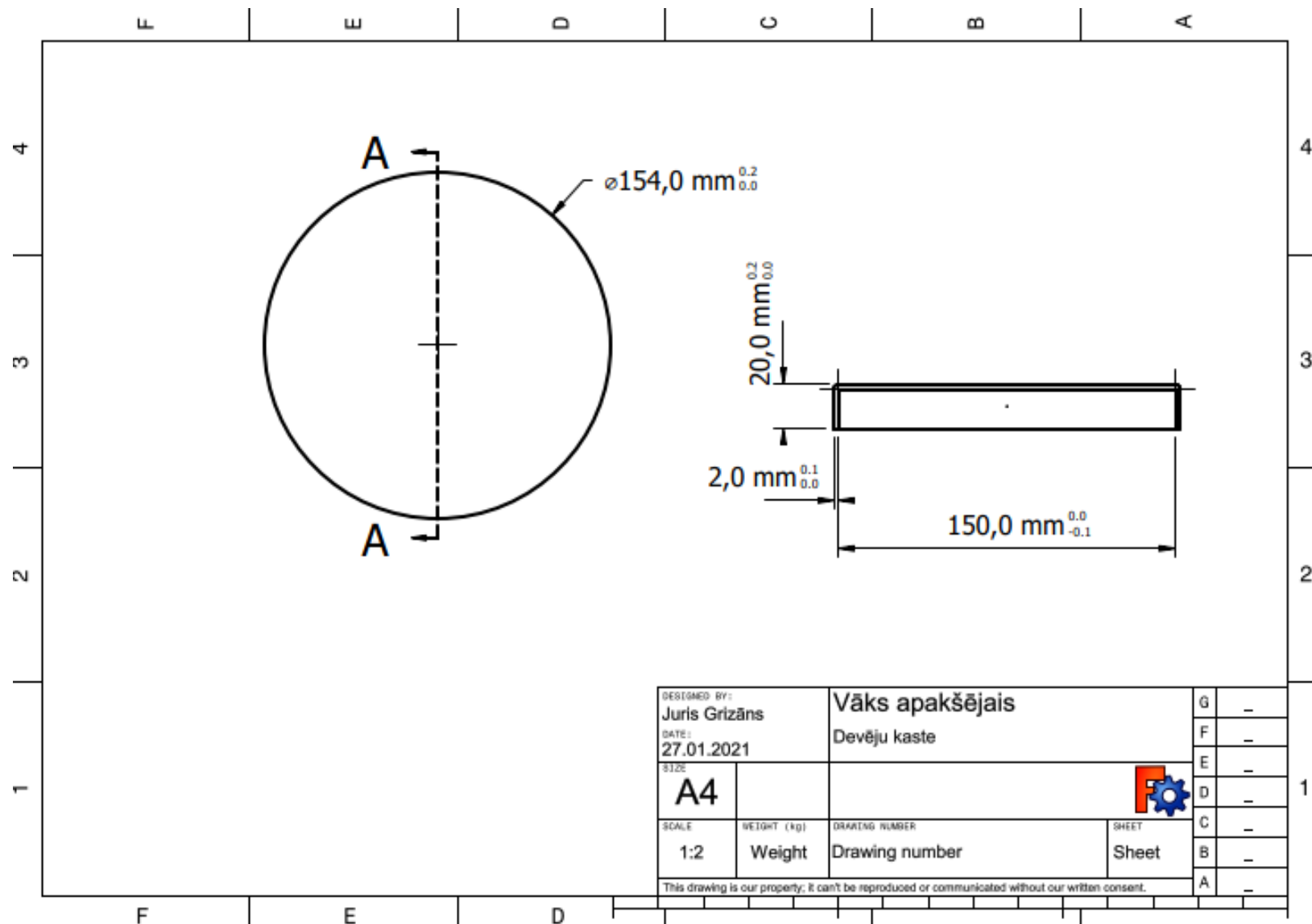
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003





February 1, 2021

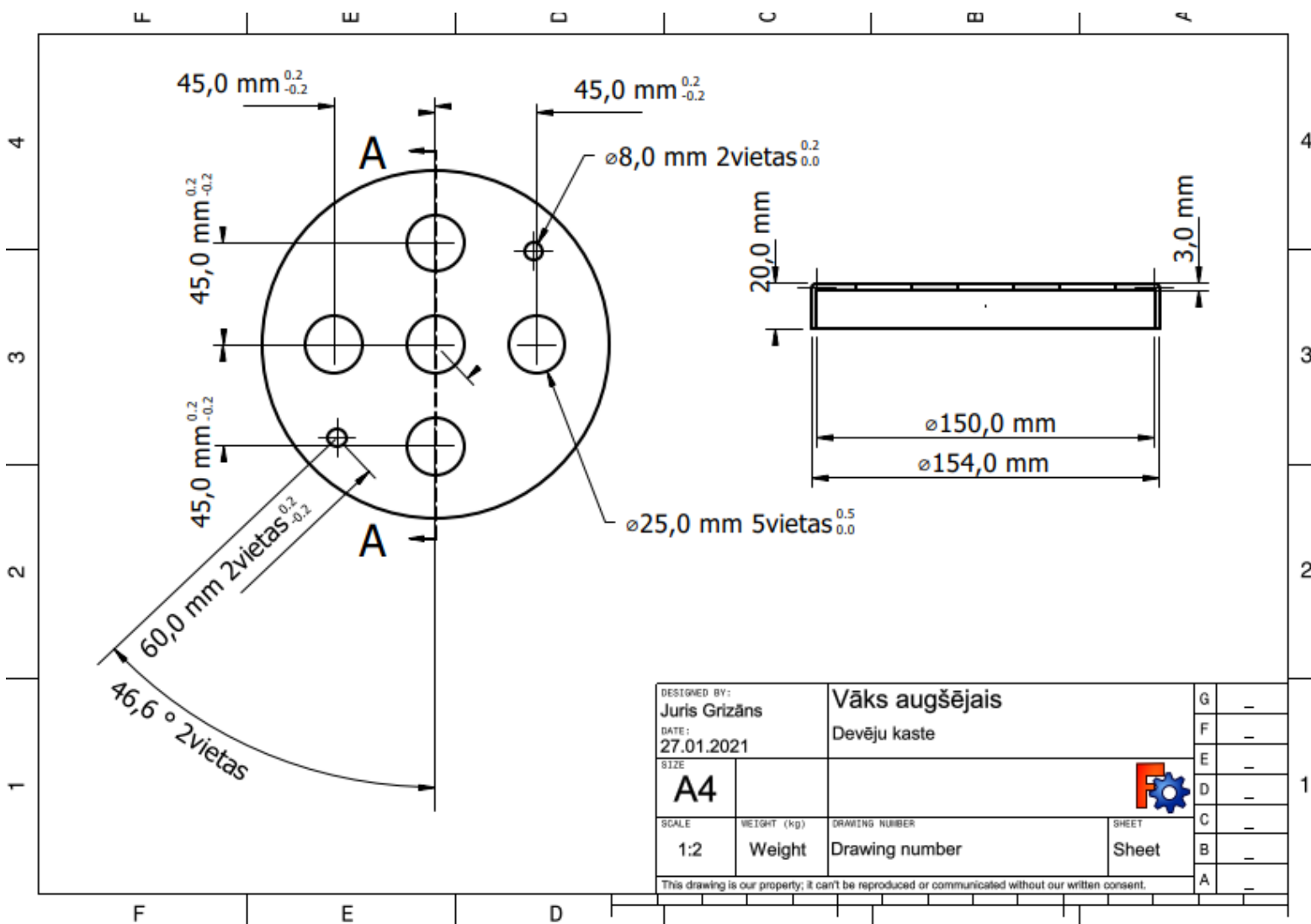
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

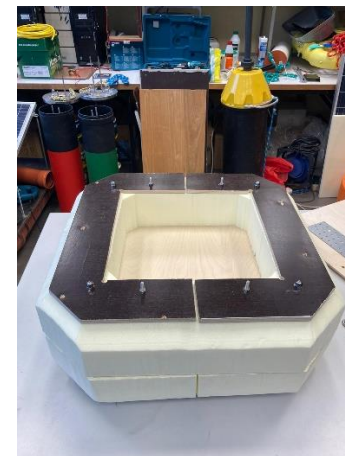
Projekts „Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.

February 1, 2021

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003



DP3 Sistēmas darba prototipa izstrāde, sastāvdaļu testēšana 15.-21.mēn.