



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav letadlové techniky**

**Kontejner pro expoziční biologický experiment na  
stratosférickém balonu**

**Exposure containment for bio-experiment on stratospheric  
balloon**

**Diplomová práce**

**2022**

**Libor Svoboda**

**Studijní program :** LETECTVÍ A KOSMONAUTIKA  
**Studijní obor :** LETADLOVÁ A KOSMICKÁ TECHNIKA  
**Vedoucí práce :** Mgr. Jaroslav Kousal, PhD

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Svoboda** Jméno: **Libor** Osobní číslo: **503826**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav letadlové techniky**  
Studijní program: **Letectví a kosmonautika**  
Studijní obor: **Letadlová a kosmická technika**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Kontejner pro expoziční biologický experiment na stratosférickém balonu**

Název diplomové práce anglicky:

**Exposure container for bio-experiment on stratospheric balloon**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Proveďte rešerši biologických expozičních experimentů, zejména v prostředí stratosféry, popř. kosmického prostoru.
- 2) V součinnosti s vedoucím a externími konzultanty definujte klíčové vlastnosti pro návrh experimentu s expozicí (primárně kultur řas na stratosférickém balonu).
- 3) Vytvořte koncepční návrh celého zařízení.
- 4) Vytvořte předběžný konstrukční návrh mechanické části kontejneru. Zaměřte se na minimalizaci hmotnosti experimentu.

Seznam doporučené literatury:

M. von Ehrenfried: Stratospheric Balloons - Science and Commerce at the Edge of Space, Springer Praxis Books, 2021  
+ další literatura dle doporučení vedoucího

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Mgr. Jaroslav Kousal, Ph.D. ústav letadlové techniky FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **29.04.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **09.09.2022**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

Mgr. Jaroslav Kousal, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Robert Theiner, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použitých literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_ Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_ Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Kontejner pro expoziční biologický experiment na stratosférickém balonu“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce diplomové práce. Veškerá použitá literatura a zdroje jsou uvedeny v příloženém seznamu zdrojů.

V Praze 9.9.2022...

Ing. Libor Svoboda

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu Mgr. Jaroslavu Kousalovi, PhD., za odborné rady, připomínky a vedení práce. Dále bych chtěl bych poděkovat RNDR. Janě Kvíderové, PhD., z Botanického ústavu Akademie věd ČR a RNDR. A Tomáši Petráskovi PhD., z Fyziologického ústavu Akademie věd ČR za odborné konzultace.

## Anotační list

Název práce:	Kontejner pro expoziční biologický experiment na stratosférickém balonu
Název práce v angličtině:	Exposure containment for bio-experiment on stratospheric balloon
Rok zpracování:	2022
Studijní program:	Letectví a kosmonautika
Ústav:	Ústav letadlové techniky
Vedoucí práce:	Mgr. Jaroslav Kousal, PhD.
Rozsah:	počet stran 49 počet obrázků 39 počet tabulek 5 počet příloh 4
Klíčová slova:	Stratosférický, Koncepční návrh zařízení, tlakové čidlo, kultury řas, konstrukční návrh
Key words:	Stratospheric, Conceptual design of equipment, pressure sensor, algae cultures, structural design
Anotace:	Tato práce se zabývá návrhem kontejneru pro expoziční biologický experiment na stratosférickém balonu. V úvodu je představena problematika biologických expozičních experimentů. Dále je provedena rešerše čtyř experimentů, které byly uskutečněny v zahraničí a v České republice. Je proveden koncepční návrh celého zařízení. Konstrukční návrh mechanické části kontejneru sestává z volby základních rozměrů a rozmístění jednotlivých součástí.
Abstract:	This work deals with the design of a container for an exposure experiments is presented. Furthermore, a search is made of four experiments that were carried out abroad and in the Czech Republic. A conceptual design of the entire device is carried out. The structural design of the mechanical part of the container consists of the choice of basic dimensions and the distribution of individual components.

# Obsah

1 ÚVOD .....	9
2 BIOLOGICKÉ EXPOZIČNÍ EXPERIMENTY .....	9
2.1 E-MIST .....	9
2.1.1 Vzorky .....	10
2.1.2 Užitečného zatížení.....	10
2.1.3 Bakteriální příprava a zpracování .....	13
2.1.4 Postupy pro pozemní a balonový provoz.....	13
2.2 MARSBOX.....	14
2.2.1 Užitečné zatížení balónu .....	16
2.2.2 Stratosférický letový experiment .....	17
2.2.3 Profil letu balónem.....	18
2.2.4 Zpracování po letu .....	19
2.3 BIOPAN A EXPOSE.....	20
2.4 StratoBox .....	23
3.1 Koncepční návrh kontejneru .....	25
3.1.1 Integrace biologických vzorků do kontejneru.....	25
3.1.2 Mechanismus pro otevření krabice .....	26
3.1.3 Monitorování a záznam průběhu experimentu.....	28
3.1.4 Monitorování a záznam parametrů (teplota, tlak, UV záření, VIS záření.....	30
3.1.4.1 Voděodolný teploměr pro jednodeskové počítače DS18B20 .....	30
3.1.4.2 Senzor UVB/UV záření ML8511 pro Arduino .....	31
3.1.4.3 Sezor VIS světla .....	32
3.1.4.4 Čidlo tlaku 1 PSI – G – 4V ( 0 – 1 PSI ) .....	32
3.1.5 GPS Lokátor TKSTAR.....	33
3.1.5 Úložiště dat a napájení systému.....	35
3.1.5.1 Arduino Nano R3, ATmega328P Klon .....	35
3.1.5.2 Nabíječka + boost pro USB Powerbank 5V .....	36
3.1.5.3 Baterie GEB-803040+ .....	37
3.1.6 Zajištění odpojení boxu po expozici .....	38
3.1.6.1 Servo H2040T 2,9g .....	38
3.1.6.2 Mikrospínač do DPS, 1pól, ON-(ON).....	39
3.1.7 Návrhové zařízení .....	41
3.2 Hmotnostní bilance .....	43

3.3 Postup ustavení zařízení do kontejneru .....	44
3.4 Umístění zařízení na kontejneru.....	45
3.5 Provoz kontejneru.....	46
4. ZÁVĚR .....	47

## Seznam použitých symbolů

DLR		Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ESA		European Space Agency
ISS		International Space Station
KSC		Kennedy Space Center
UV		Ultra violet
UVA		Ultra violet spectrum A
UVB		Ultra violet spectrum B
VIS		Visible spectrum
LMC		Life Marker Chip
HD		High definition
ADC		Analog Digital Conversion
ASIC		Application Specific Integrated Circuit
LTE		Long Term Evolution
LED		Light-Emitting Diode
GSM		Groupe Spécial Mobile
GPRS		General Packet Radio Service
GPS		Global Positioning System
JST		Japan Solderless Terminals
S	$[m^2]$	plocha padáku
g	$[m \cdot s^{-2}]$	tíhové zrychlení
m	[kg ]	hmotnost kontejneru
v	$[m \cdot s^{-1}]$	rychlost
d	[m ]	průměr padáku



# 1 ÚVOD

Zjištění limitů přežívání pozemských (mikro)organismů je jeden z cílů astrobiologie, tato data pomáhají s odhadem obyvatelnosti planet a měsíců i s plánování postupů planetární ochrany. Pro stanovení limitů přežívání se používají různé typy experimentů, mezi něž patří i expoziční experimenty ve stratosféře i ve vesmíru. Pro ně je třeba vyvinout kontejner s expozičními komorami. Další studie této povahy mohou umožnit modely přežití pro mikroby cestující v horní atmosféře Země. Navíc měření odolnosti mikrobů spojených s kosmickou lodí v extrémních výškách může pomoci předpovědět jejich odezvu na povrchu Marsu. Střední stratosféra Země, asi 25 až 40 km nad mořem, připomíná povrchové podmínky Marsu, proto bychom mohli při letových stratosférických experimentech získat lepší porozumění přežití pozemských mikrobů na marsovských přistávacích modulech. Dále data z experimentů přežití by mohla přispět modely pro bioaerosoly přenášené na globálně cirkulujících větrech, což je životně důležité pro globální potravinové zabezpečení.

## 2 BIOLOGICKÉ EXPOZIČNÍ EXPERIMENTY

### 2.1 E-MIST

Texty v této kapitole jsem převzal/přeložil z : <https://sciendo.com/pdf/10.2478/gsr-2014-0019>,  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5399745/>

Přežití a tranzit mikroorganismů v horní atmosféře Země je relevantní pro pozemské ekologie a astrobiologie. Téma je nedostatečně prostudované kvůli nedostatku vhodného letového systému. Proto bylo navrženo zařízení vystavující mikroorganismy ve stratosféře E-MIST. Vypuštěno bylo ve velkém vědeckém balónu z Nového Mexika 24. srpna 2014. Náklad nesl *Bacillus pumilus* SAFR-032, vysoce odolnou látku vytvářející spory bakteriálního kmene původně izolovaný v NASA z montážního zařízení kosmických lodí. Let ukazoval funkčnost E-MIST ve stratosféře, včetně mikrobiologických postupů a celkového výkonu přístroje. Vlastnosti E-MIST, užitečné zatížení, protokoly a předběžné výsledky ukazují, že je možné provést přísně kontrolovaný mikrobiologický experiment ve stratosféře při sběru příslušných environmentálních dat. Mikroorganismy v horních vrstvách atmosféry pocházejí z povrchových a mořských ekosystémů a jsou schopny dosahování vysokých nadmořských výšek silnými vztlačovými silami. Kromě mikrobů přirozeně půdní vestavby, skládek, čistíren odpadních vod, zemědělství, letecký provozu k celkové částce přispívá i šíření bioaerosolů v atmosféře. Převládající větry mohou propojit vzdálené biomy Země, a dobu zdržení v horních vrstvách atmosféry. Dochází tak k širší kombinaci vlivů na mikroby mimo rozsah běžných podmínek vyskytující se na povrchu (např. nižší tlak, vyšší ozáření, vysychání a oxidace). Letecký transport tedy může vyvolat výjimečné typy buněčného poškození nebo mutace. Některé bakterie nalezené v atmosféře mají rysy, které by mohly zlepšit vytrvalost ve vzduchu – včetně buněk pigmentace, oprava DNA a schopnost tvorby endospory (dále jen „spory“). Zatímco mikrobiální přežití bylo zkoumáno pomocí komory pro simulaci prostředí a v malých meteorologických balónech, více komplexní jsou platformy pro řízené, dlouhodobé

experimenty v horních vrstvách atmosféry. Studium mikrobiálního přežití v horní části atmosféry představuje dvě základní výzvy: za prvé, odstranění potenciálních vlivů z předletu, výstupu, sestupu a přistání, aby se omezilo na experiment do cílených výšek; za druhé, udržování aseptických podmínek v uzavřeném prostoru systému užitečného zatížení pro zachování integrity testu.

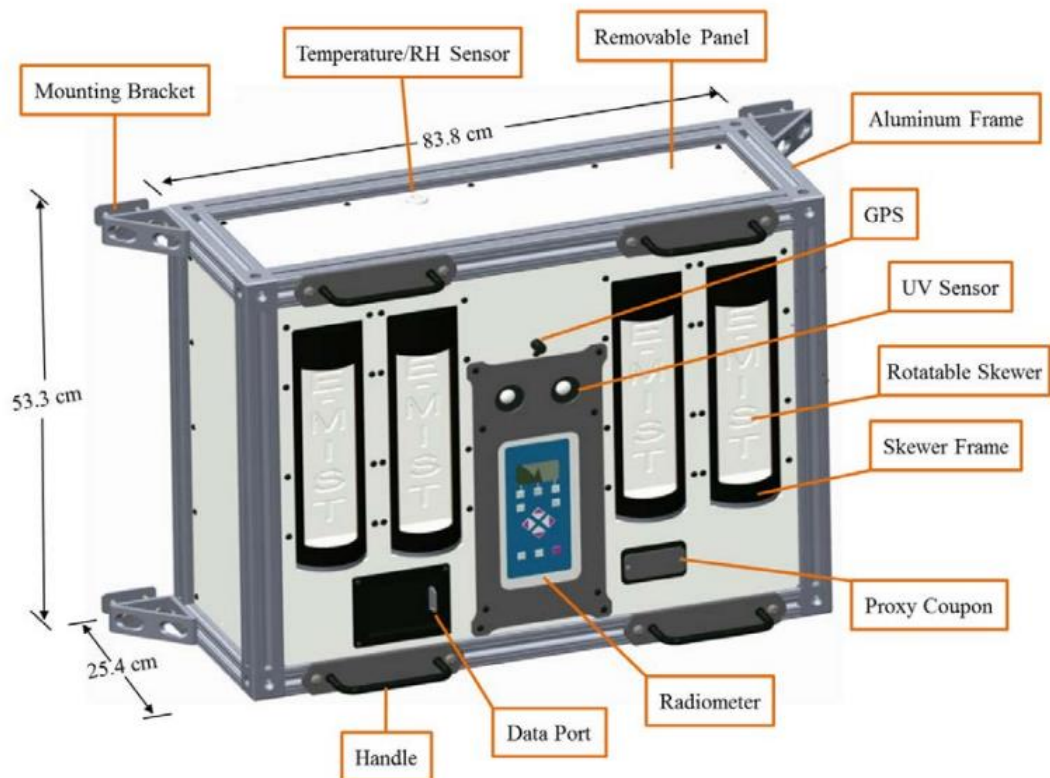
### 2.1.1 Vzorčky

Velké vědecké balóny poskytují jedinečný přístup do stratosféry a kontrolu nad expozičními experimenty. Naším cílem v této studii bylo navrhovat, konstruovat a létat v soběstačném užitečném zatížení (autonomní avionika, výkon, senzory prostředí), které by se mohly připojit k exteriéru velkých balónových gondol, umožňující a mikrobiologický experiment založený na přežití v požadované nadmořské výšce. Sekundárním cílem bylo sbírat základní údaje a stanovit mikrobiologické postupy (včetně pozemních a negativních ovládnání) pro umožnění budoucích vědeckých letů. Byl použit *Bacillus pumilus* SAFR-032, původně izolovaný ze zařízení kosmické lodi v Jet Propulsion Laboratory. Kmen byl vhodným modelem mikroorganismu pro naši studii, protože odolnost jeho spor vůči extrémním podmínkám prostředí je dobře zdokumentována, je k dispozici genomická transkriptomická a proteomická analýza. Spory *Bacillus* se běžně vyskytují v horních vrstvách atmosféry.

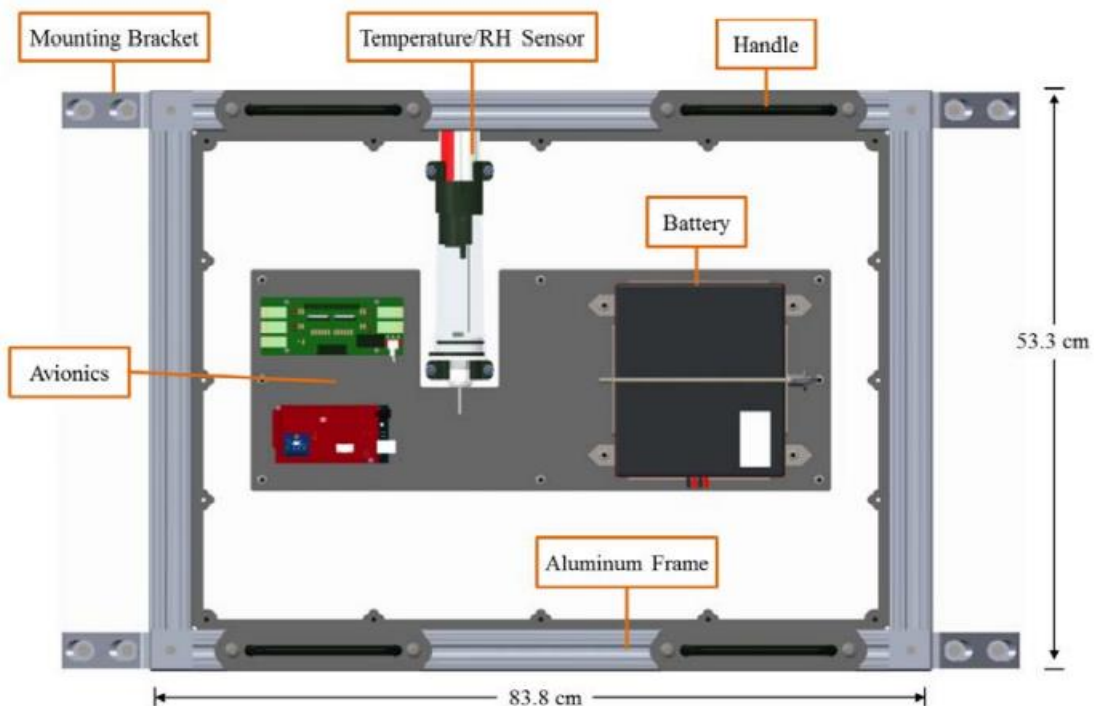
### 2.1.2 Užitečného zatížení

Exponování mikroorganismů ve stratosféře (E-MIST) bylo umístěno na vnější stranu stratosférické balónové gondoly. Zařízení (83,3 cm x 53,3 cm x 25,4 cm; hmotnost 36 kg) má čtyři nezávislé válce otočné o 180° pro vystavení vzorků stratosféře. Během výstupu nebo sestupu vzorky zůstaly uzavřeny v tmavých válkách při ~25°C. Každý válec je v hliníkovém rámu a nese deset samostatných, obdélníkových hliníkových destiček (M4985, Seton) se vzorky spor uloženými na povrchu. Rozměry destiček byly 5,40 cm (š) x 1,75 cm (v) x 0,51 cm (tloušťka), včetně otvorů o průměru 0,28 cm na koncích pro montáž na válce. Vnitřek rámu pro válce je protkaný Nomexovou plstí, aby se zabránilo vniku vnějšího světla do systému. Šestihřanná hřídel uvnitř každého válce je připojena k převodovému systému poháněného motorem (SPG30E-300K, Cytron). Motory, ozubená kola a světelný štít drží pohromadě rám z hliníku s výřezy a 3D tištěnými ABS komponenty. Nasazené konzoly na zadní straně rámu byly použity k montáži na balónovou gondolu. Senzory, přístroje a počítače byly zabudovány do krytu. Ve střed systému byl samostatný radiometr (PMA2100, Solar Light) se dvěma ultrafialové (UV) senzory, která měřila úroveň UV záření (400 až 230 nm) každých pět minut. Přední panel datový port obsahoval dvě univerzální sériové sběrnice (USB) porty, dvě světelné diody (LED), a dva spínače. K zapnutí systému byl použit jeden spínač a druhý byl použit k otáčení válců (pro nakládání a vyjímání Vzorčky). Posuvné dveře na předním portu byly drženy na místě dvěma malými magnety. Jeden z portů USB byl použit ke spuštění samostatného externího čidla vlhkosti a teploty (U23-001, Onset), který sbíral data každých deset sekund. Jiný USB port byl použit pro načítání dat z radiometru. Globální polohovací systém (GPS) určuje zeměpisnou šířku a délku když je letový počítač zapnutý. Mezi další hlavní součásti užitečného zatížení patří výškoměr (MS5607, Parallax), tři ohřivače 8,5 W, tříodporový teplotní detektor (SA1-RTD-B, Omega) a čidlo vlhkosti. Napájení bylo generováno 14,8 V 25,2 Ah lithium-iontovou polymerovou baterií (CU-J141, BatterySpace) upevněnou na místě pomocí nerezové ocelového držáku

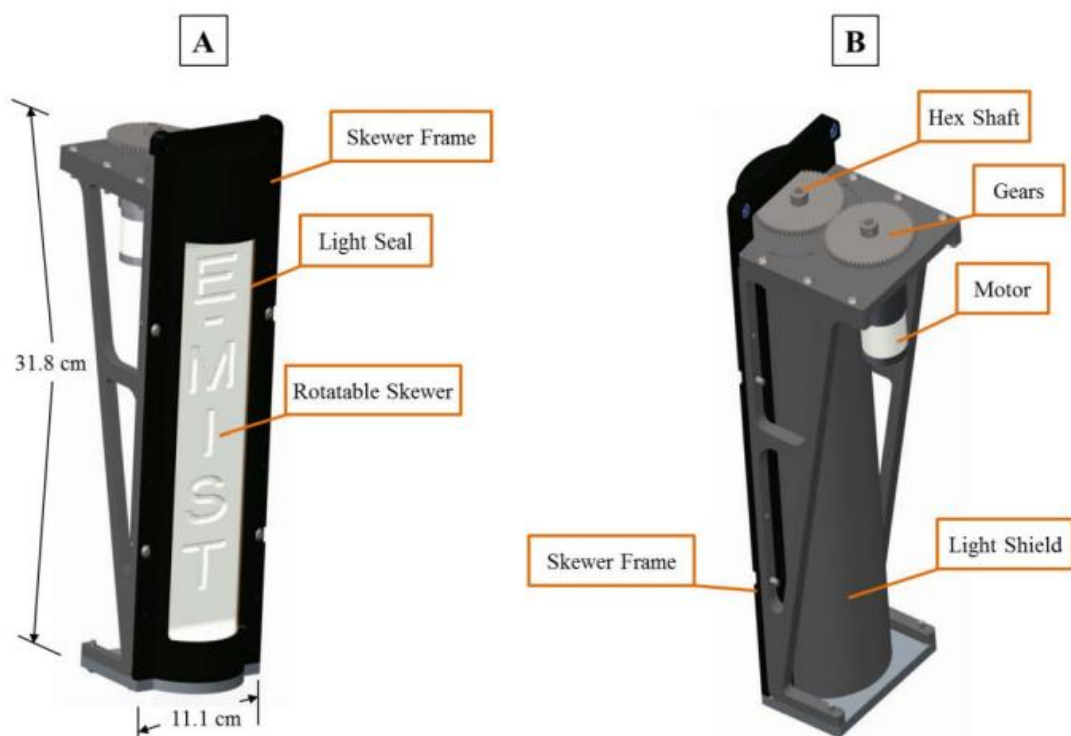
baterie. Napájecí obvod používal DCDC měnič pro snížení 14,8 V na 5 V. Tepelný výkon pro užitečné zatížení během troposférický výstup byl modelován pomocí Thermal Desktop (C&R Technologies). Vyhřívací podložky (5V Vyhřívací podložka 5x10 cm, WireKinetics) byly použity, aby se za letu udržely senzory a nástroje uvnitř požadované rozsahy provozních teplot. Tento regulační systém byl řízen letovým počítačem RTD.



Obrázek 1 Užitečné zatížení, namontované na vnější straně velké gondoly stratosférického balónu. Hmotnost užitečného zatížení byla 36 kg.



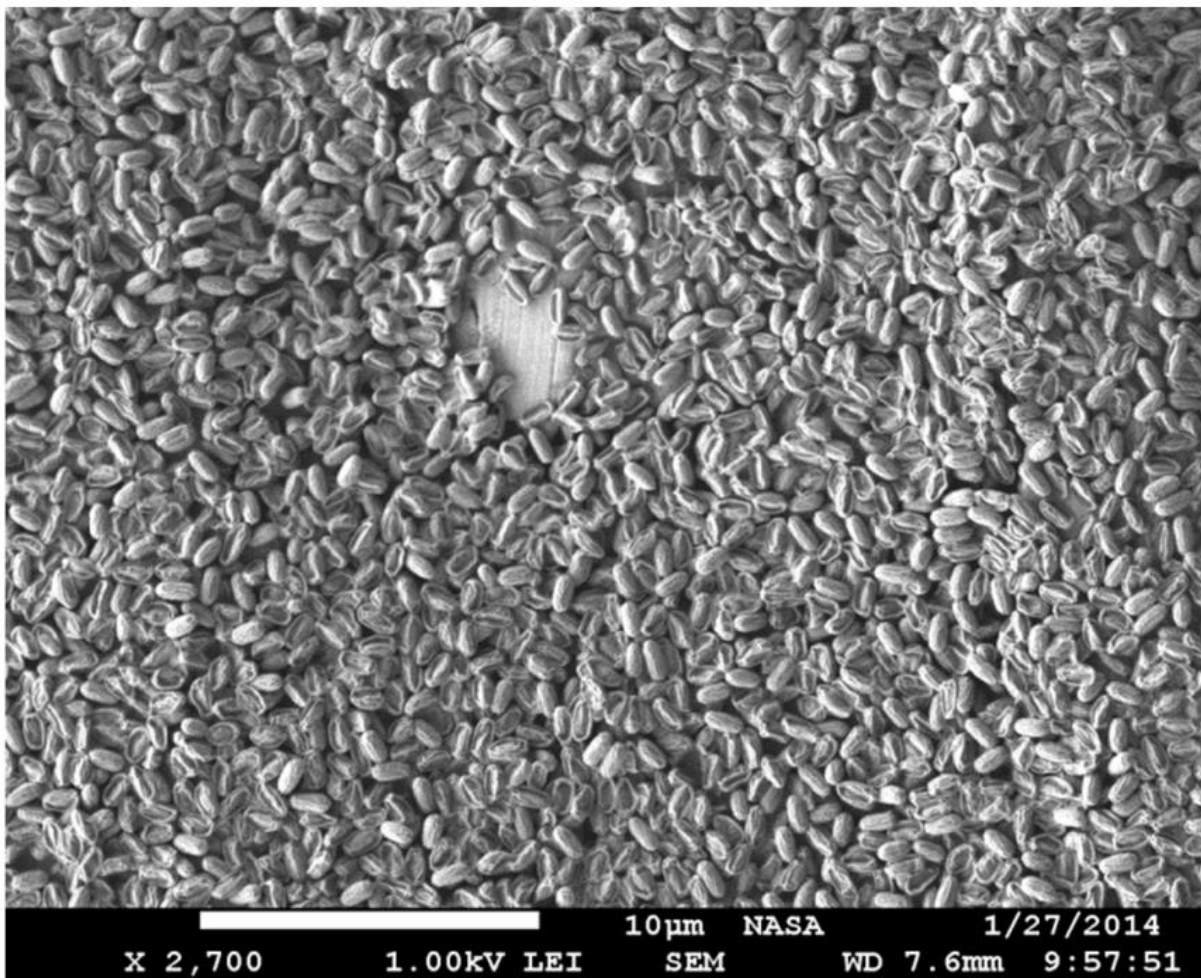
Obrázek 2. Čelní pohled na užitečné zatížení E-MIST s odstraněným předním panelem. Jsou zobrazeny komponenty, letový počítač, zdroj napájení a snímače teploty/relativní vlhkosti.



Obrázek 3. Model válců E-MIST. Dvnitř byly zapuštěny čtyři nezávisle rotující válce řízené letovým počítačem. Lehké těsnění a štít na každé špejli zajistily, že expozice vzorku mikrobů byla omezena na cílovou nadmořskou výšku. Tato konstrukce minimalizovala vliv vnějšího prostředí během jiných letových činností (např. start, stoupaní, klesání a zotavení). Panel A ukazuje přední stranu, zatímco panel B zobrazuje motor a převodový systém na zadní straně každého válce

### 2.1.3 Bakteriální příprava a zpracování

*Bacillus pumilus* SAFR-032 byly původně pěstované na tryptickém sojovém agaru a inkubované při 32 °C po dobu 24 hodin. Zásoba spor byla resuspendována ve sterilní deionizované vodě, vystavena teplotnímu šoku (80°C po dobu 15 minut) a skladována při koncentraci 10<sup>8</sup> cfu (jednotky tvořící kolonie) ml<sup>-1</sup> ve skleněných zkumavkách při 4 °C. PRO vytvoření jednotné monovrstvy spor na hliníkové destičce, byly zředěné vzorky roztoku nanášeny na povrch a ponechány zaschnout po dobu 4 hodin v tmavé digestoři s laminárním prouděním ve standardní místnosti teplota (25 °C) a tlak (1 013 mb). Všechny destičky byly přes noc sterilizovány v peci na sucho při 130 °C a ochlazeny na 24 °C. Po vysušení, kupony byly uloženy ve sterilních tmavých nádobách.



Obrázek 4. Distribuce spor *Bacillus pumilus* SAFR-032 na vzorkové destičce E-MIST. Každá destička obsahovala přibližně 1 x 10<sup>6</sup> spor. Povrch hliníkové destičky je viditelný v kruhové mezeře mezi spory. Měřítka na rastrovacím elektronovém mikrosnímku je 10 μm.

### 2.1.4 Postupy pro pozemní a balonový provoz

Plně integrovaný zkušební let (celá užitečná zátěž komponenty zapnuté a *Bacillus pumilus* naložené vzorky SAFR-032) byl proveden NASA Balloon Program Office ve velkém vědeckém balónu, vypuštěný z Ft. Sumner, Nové Mexiko, dne 24. srpna 2014. E-MIST byl jedním z několika užitečných zatížení na Long

Duration Balloon TechLet 651N. Gondola byla přenesena do stratosféry balonem o 105 m<sup>3</sup> helia. Před letem (v hangáru místa startu) vzorek kupony byly instalovány na základní desky válců pomocí sterilních šroubů, šroubováku a kleští. Postup instalace byl prováděn za úsvitu za 10 minut, což omezuje expozici vzorky na světlo a čerstvý vzduch. Celý povrch užitečného zatížení byl otřen isopropylem před instalací. Před montáží základových desek EMIST byl dovnitř každého válce nastříkán sterilní vzduch. Nainstalované, vzorky byly otočeny zpět do uzavřené polohy a ostatní nástroje uvnitř E-MIST byly zapnuty. *Bacillus pumilus* SAFR-032 vzorky zůstaly v utěsněné poloze, dokud užitečné zatížení nedosáhne nižší stratosféry (~20 km ASL), v tomto bodě letový počítač otočil válci do venkovní polohy. Po krátkém otočení (2 s) se všechny válce se vrátily do uzavřené polohy po zbytek letu. Gondola zůstala v plovoucí výšce 37,6 km téměř 4 hodiny před začátek 23minutového sestupu na padáku. Přistála 294 km jihozápadně místa startu a byla zajištěna personálem. E-MIST byl vypnut, odstraněn z gondoly a udržován při okolních podmínkách uvnitř klimatizovaného vozidla. O týden později, vzorky byly odeslány zpět do NASA Kennedy Space Center (KSC) stále uvnitř nákladu. Experimentální design Teplota, relativní vlhkost (RH), atmosférický tlak a úroveň UV záření byly měřeny během zkušebního letu. Každý E-MIST válec základní desky nesl 10 *Bacillus pumilus* SAFR-032 kupóny: 9 lícem nahoru a 1 obrácený, protože toto bude konfigurace pro budoucnost letové experimenty. Lícem nahoru destičky měly stratosférickou expozici, včetně ozáření slunečním světlem; kdežto obrácené destičky byly podrobeny všem ostatním stratosférám účinky, kromě slunečního záření. Rotace válců trvala v našem testu pouze 2 s v našem testu letu, neočekávali jsme žádné rozdíly v přežití mezi expozicemi – pokud nebyly spory uvolněny na obrácených kuponech z důvodu možného kontaktu se rámem válce. Dvě sady byly připraveny pro pozitivní pozemní kontroly destiček. Jedna souprava byla převezena a další souprava zůstala na KSC. Byla snaha úspěšně předcházet vnějšímu prostředí vlivy. Jeden (sterilní) negativní kontrolní vzorek byl také zahrnut, aby ukázal, zda vzorky základ desky byly chráněny před vnější kontaminací.

## 2.2 MARSBOX

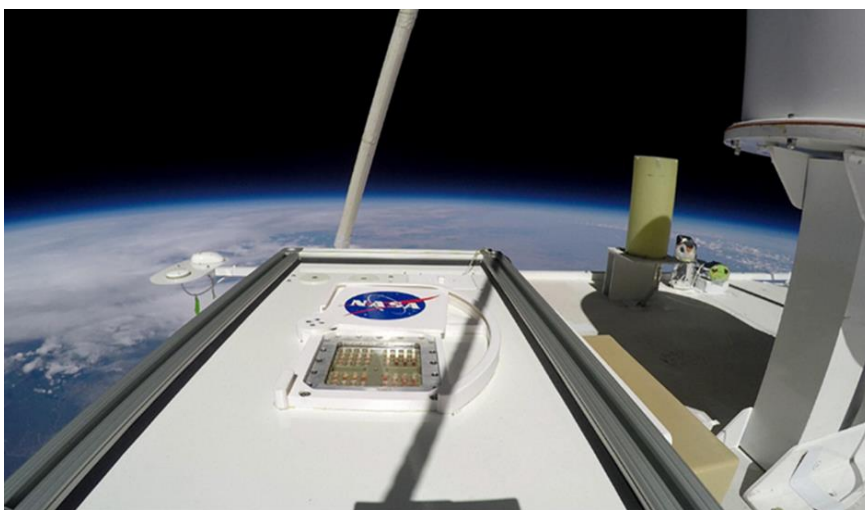
Texty v této kapitole jsem převal/přeložil z :

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.601713/full>

Aby se zjistilo, kde může život přežít mimo Zemi, experimenty v oblasti vesmírné biologie a astrobiologie zkoumaly reakce pozemských modelových organismů na simulované a skutečné vesmírné podmínky. Pochopení mikrobiálních adaptací na izolované i kombinované extrémní environmentální stresory pomáhá stanovit limity života na Zemi, jak jej známe a určit, zda by pozemský život mohl přežít na Marsu; a zpřesnit hledání života v jiných mimozemských biotopech. S možnou výjimkou misí Viking byl Mars doposud nedostupný pro provádění řízených biologických experimentů; extrémní pozemská analogová prostředí byla tedy široce používána k testování přístrojového vybavení a výsledků mikrobiálního přežití. Typicky se marťanská analogová prostředí nacházejí na zemském povrchu v oblastech, kde krajinně dominuje sucho, teplotní extrémy a zvýšená radiace. Například McMurdo Dry Valleys v kontinentální Antarktidě a vysoko položené pouště v Austrálii a Jižní Americe jsou často navštěvovanými analogovými destinacemi. Vysoko nad zemským povrchem ve stratosféře (~15–50 km) však existuje další analogové prostředí Marsu, které představuje jedinečnou kombinaci

environmentálních ukázek, které se více podobají podmínkám na Rudé planetě. Ve střední stratosféře během dne jsou současně přítomny následující faktory podobné Marsu: intenzivní ultrafialové (UV) záření v celém spektru, vysokoenergetické ionizující záření (včetně sekundárního rozptylu), vysychání, hypoxie a ultranízke teploty a tlaky. Dohromady tyto kombinované podmínky nelze přirozeně nalézt nikde na povrchu Země a bylo by náročné je snadno reprodukovat v laboratorních experimentech.

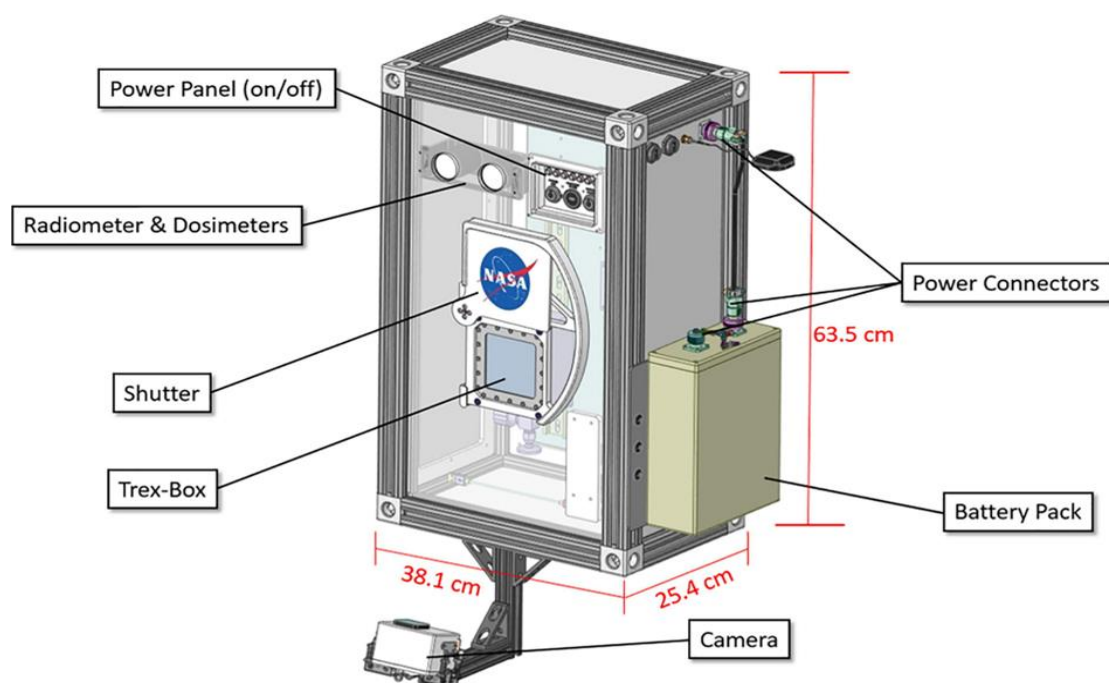
Dosažení střední stratosféry je relativně dosažitelné ve srovnání se suborbitálními a orbitálními kosmickými lety. Vědecké balóny ve vysokých nadmořských výškách se používají již více než osm desetiletí ke studiu atmosféry a atmosférických jevů a v poslední době za provádění experimentů s biologickou expozicí. V této studii využíváme velkou vědeckou balónovou misi do střední stratosféry (nadmořská výška ~ 38 km) k vystavení mikroorganismů a měření jejich přežití a metabolických reakcí při monitorování úrovně ionizujícího záření a dalších souvisejících podmínek prostředí. Čtyři mikroorganismy relevantní pro astrobiologii a vesmírnou biologii byly uvnitř užitečného zatížení Microbes in Atmosphere for Radiation, Survival a Biological Outcomes Experiment (MARSBOX). Dva bakteriální extrémofily, *Salinisphaera shabanensis* a *Buttiauxellasp.* Byly zahrnuty, aby otestovaly hypotézu, že pozemské mikrobiální kmeny, izolované z extrémních prostředí analogického Marsu, mohou odolat stresovým faktorům prostředí podobného Marsu. Houba *Aspergillus niger* a bakterie *Staphylococcus capitis* subsp. *capitis* byly do této studie zahrnuty, protože se jedná o oportunní patogeny spojené s člověkem a oba byly dříve detekovány na Mezinárodní vesmírné stanici (ISS). Je tedy pravděpodobné, že budou cestovat na Mars ve vesmírných misích s posádkou. Navíc spory by mohly odolávat cestování vesmírem na vnější straně kosmické lodi; proto je pochopení jejich potenciálu přežití v prostředí podobném Marsu předmětem zájmu planetární ochrany. Design MARSBOX byl balónově kompatibilní, NASA upravená verze hardwaru z biologických expozičních misí Evropské vesmírné agentury (ESA) EXPOSE-E a EXPOSE-R na palubě ISS, pomocí transportního a expozičního boxu (Trex-Box) z evropského projektu MASE. Pro přizpůsobení atmosférickým podmínkám Marsu byl Trex-Box během mise naplněn směsí Marsu při tlaku 5–10 mbar. Zde uvádíme výsledky z první mise MARSBOX a shrnujeme podmínky prostředí, které společně indikují analogii Marsu.



Obrázek 5. Snímek z vrcholu užitečného zatížení MARSBOX a Trex-Box ve stratosféře během letu.

## 2.2.1 Užitečné zatížení balónu

Užitečné zatížení MARSBOx (38,1 cm × 25,4 cm × 63,5 cm; hmotnost 18 kg) bylo postaveno pro jednoduchou montáž a integraci do exteriéru velkých vědeckých balónových gondol. Biologické vzorky byly uzavřeny v tlakové, stíněné nádobě (Trex-Box) s otočnou clonou, která zabraňovala vystavení slunečnímu záření během výstupu a sestupu (tj. zahájení/ukončení experimentu). Kryt Trex-Boxu bylo suprasilové sklo: 8 mm silné, s dlouhým omezením průchodu ~170 nm (s 0% propustností) a fluoridem hořčnatým (MgF<sub>2</sub>), s dlouhým limitem průchodu ~110 nm. Během letu balómem kontroloval systém MARSBOx expozici UV záření tak, aby vzorky byly exponovány pouze ve výškách stratosféry. Motory, ozubená kola a závěrka byly drženy pohromadě rámem složeným z hliníkových výřezů a 3D tištěných polykarbonátových ABS komponentů. T-drážkové hliníkové profily 80/20 tvořily kostru užitečného zatížení s odnímatelnými hliníkovými panely s bílým práškovým nástřikem na každé straně MARSBOxu. K upevnění systému na gondolu balónu byly použity držáky na zadní desce. Datový port na předním panelu obsahoval jeden port micro-USB, šest světelných diod (LED) a dva klíčové spínače. Jeden klíčový spínač byl použit k zapnutí systému a druhý byl použit k ručnímu otáčení víka uzávěru (pro vkládání a vyjímání Trex-Boxu se vzorky). LED diody byly naprogramovány tak, aby indikovaly stav palubního počítače a přijímač GPS. Mezi další hlavní komponenty užitečného zatížení patřily tři tlakové senzory, čtyři teplotní senzory a 9-osá inerciální měřicí jednotka (IMU). MARSBOx může nést další přístroje (např. UV radiometry) umístěné za předním panelem užitečného zatížení. Energie byla zajišťována 14,8 V 25,2 Ah lithium-iontovou polymerovou baterií upevněnou na místě pomocí držáku baterie 3-D tištěného. Užitečná zátěž MARSBOx může také využít přímé připojení ke zdroji energie balónové gondoly s přijatelným vstupním rozsahem 9V – 36V.



Obrázek 6. Model s označením užitečného zatížení MARSBOx.

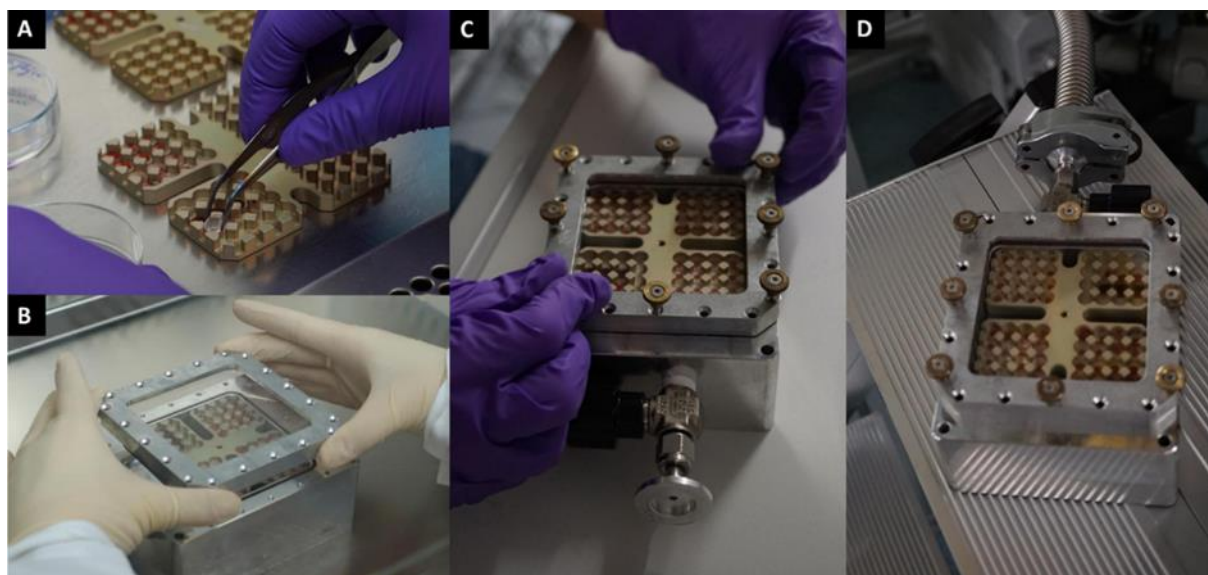
Stručně řečeno, design hliníkové krabice byl inspirován sérií misí EXPOSE na ISS využívající Trex-Box pro řízení transportu mikroorganismů během experimentů. Trex-Box lze naplnit plynem a utěsnit,



což umožňuje trvalé složení mart'anského plynu 0,17 % O<sub>2</sub>, 95 % CO<sub>2</sub>, 0,07 % CO, 2,6 % N<sub>2</sub> a 1,9 % Ar v průběhu experimentu při tlaku podobném Marsu (~7 mbar). Trex-Box umožnil testování čtyř různých mikroorganismů bez křížové kontaminace, protože každý organismus byl umístěn do jedné ze čtyř čtvrtinových sekcí každé vrstvy.

## 2.2.2 Stratosférický letový experiment

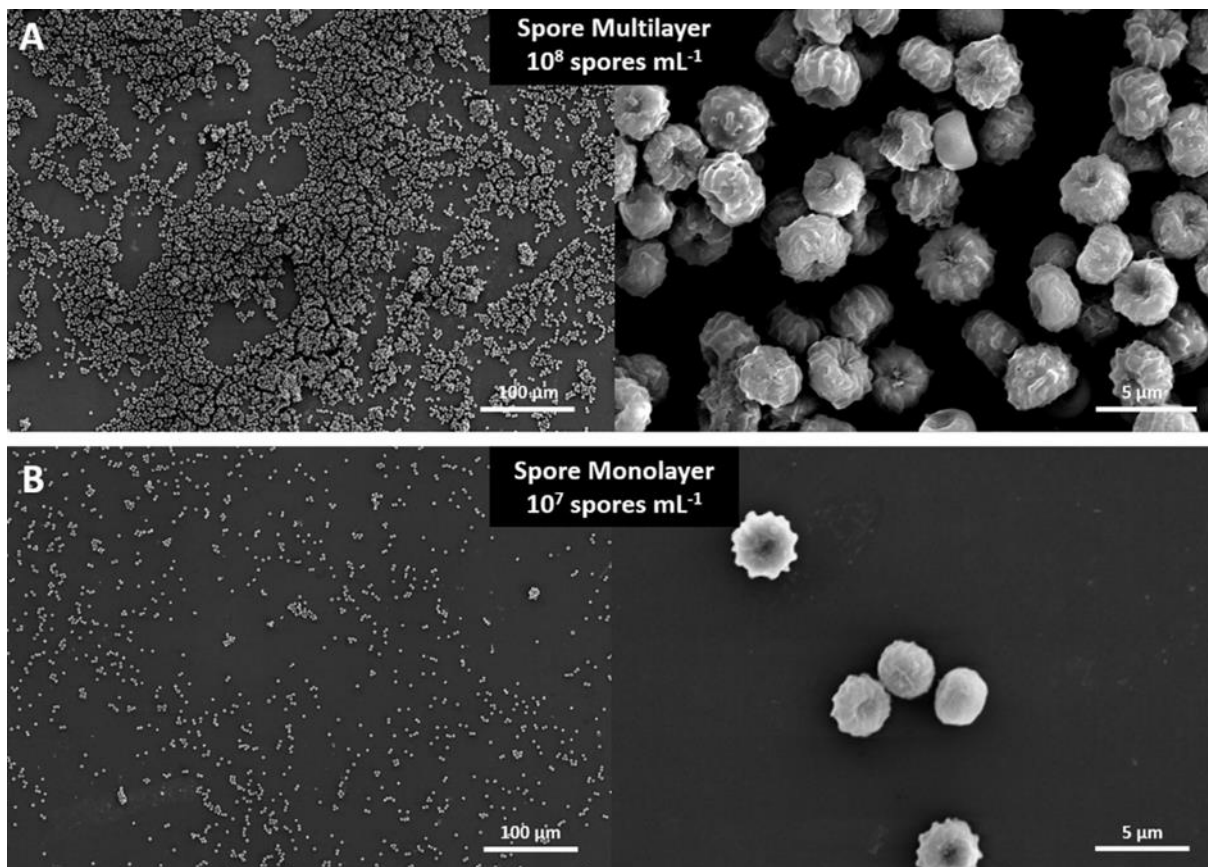
Trex-Box se skládal ze dvou vrstev hliníkového 64 jamkového nosiče vzorků, z nichž každý obsahoval křemenné disky s mikrobiálními vzorky které byly buď vystaveny přímému stratosférickému UV záření (UV-exponovaná, vrchní vrstva) nebo chráněná proti UV (UV-stíněná, spodní vrstva). Křemenné disky byly vlepeny do nosiče vzorků pomocí biokompatibilního vulkanizačního adheziva pro kosmické experimenty. Pro každou experimentální skupinu byly použity tři křemenné disky jako pozemní laboratorní kontroly a zůstaly v normálních atmosférických podmínkách při teplotě místnosti (22 °C) na stole až do analýzy. Celý časový plán mise se prodloužil na 5 měsíců včetně. Příprava vzorku a umístění vzorku Trex-Box; integrace užitečného zatížení MARSBOx; let balómem; odeslání a vyzvednutí vzorků z Trex-Box; a analýza vzorku. Během 5měsíčního trvání experimentu byly letové i kontrolní vzorky uchovávány vysušené na křemenných discích.



Obrázek 7. Příprava vzorku Trex-Box. Rozměry Trex-Boxu jsou 13,5 cm × 13,5 cm × 5,0 cm. Kontejner je plynotěsně uzavíratelný nerezový box s jedním vývrtem, který umožňuje výměnu vnitřní atmosféry. (A) Quartz disky obsahující mikrobiální vzorky umístěné na Trex-Box; (B) zakrytí Trex-Boxu suprasilovým sklem, které umožňuje plnou expozici UV-VIS; (C) k utažení a utěsnění nádoby byly použity šrouby; (D) Zemská atmosféra je nahrazena směsí Marsu a plynu.

Abychom pochopili potenciál mikrobiálního přežití v podmínkách podobných Marsu, bylo v září 2019 vypuštěno několik vzorků hub a bakterií při letu velkého vědeckého balónu NASA do střední stratosféry (nadmořská výška ~ 38 km), kde úroveň radiace připomínaly hodnoty na rovníkovém povrchu Marsu. Spory plísní *Aspergillus niger* a bakteriální buňky *Salinisphaera shabanensis*, *Staphylococcus capitis* a *Buttiauxella* sp byly vloženy uvnitř užitečného nákladu MARSBOx (Microbes in Atmosphere for

Radiation, Survival and Biological Outcomes Experiment) naplněného umělou marťanskou atmosférou a tlakem v celém profilu mise. Vysušené mikroorganismy byly buď vystaveny plnému UV-VIS záření (UV dávka = 1148 kJ m<sup>2</sup>) nebo byly před zářením odstíněny. Po 5hodinové stratosférické expozici byly vzorky testovány na přežití a metabolické změny. Spory z houby *A. niger* a bakterie *S. shabanensis* byly nejodolnější a *S. capitissubsp. capitis* přežil pouze experimentální podmínky chráněné proti UV záření. Naše výsledky podtrhují širokou variabilitu ve fenotypech přežití mikroorganismů spojených s kosmickou lodí a podporují hypotézu, že pigmentované houby mohou být odolné vůči povrchu Marsu, pokud jsou neúmyslně doručeny misemi kosmických lodí.

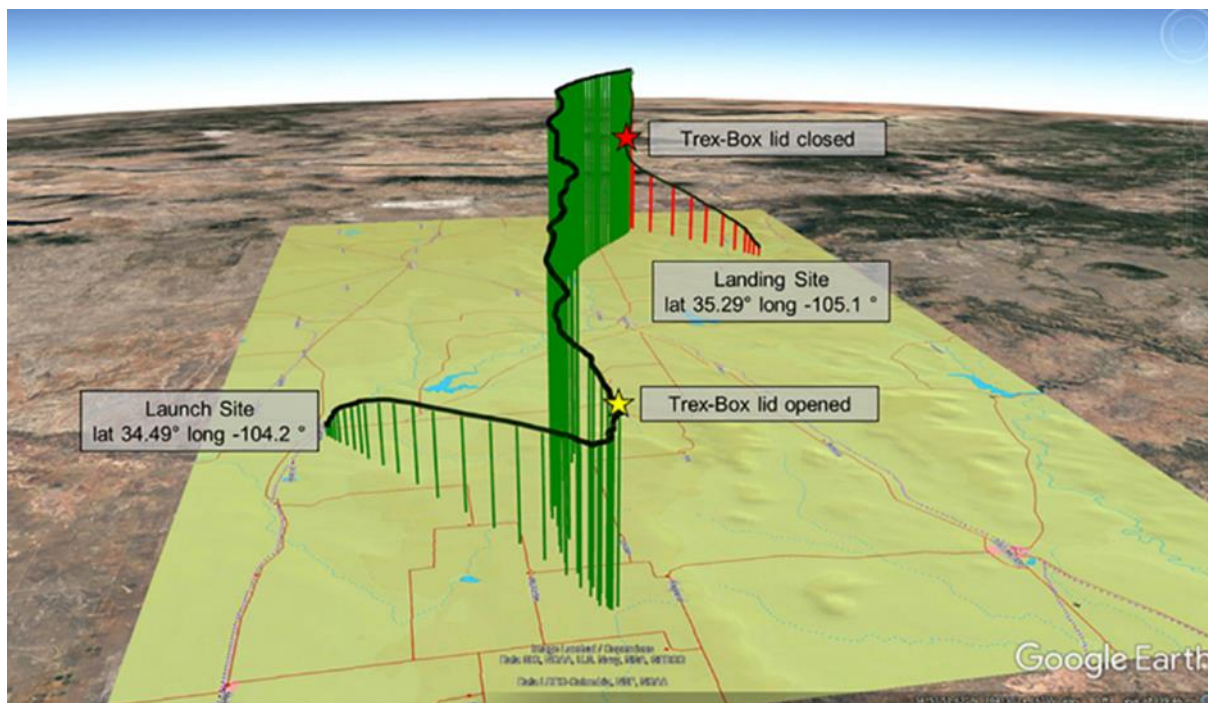


Obrázek 8. Snímky spor *Aspergillus niger*. V (A) vícevrstvé ( $10^8$  spor ml<sup>-1</sup>) a (B) monovrstvě ( $10^7$  spor ml<sup>-1</sup>).

### 2.2.3 Profil letu balónem

Týden před letem byl hardware MARSBOX (bez vložených biologických vzorků) testován v hypobarické komoře v Columbia Scientific Balloon Facility (Palestina, TX, Spojené státy americké), aby se ověřil výkon systému a příkazy. Náklad byl poté dopraven na místo startu ve Ft. Sumner, NM, Spojené státy americké (šířka 34,49° dlouhá -104,2°), kde byla namontována na horní část gondoly. Po instalaci a před startem byl povrch nákladu postříkán sterilním vzduchem a otřen isopropylalkoholem. Mise nesoucí užitečné zatížení MARSBOX byla zahájena 23. září 2019 ve 14:00. Balón stoupal 2,5 hodiny, dokud nedosáhl průměrné nadmořské výšky 38,2 km, kde setrval 4 hodiny, následoval 35minutový sestup na padáku a přistál 172 km západně od místa startu (šířka 35,29° dlouhá -105,1°). Expozice vzorku začala během stoupaní ve 21,4 km s otevřením závěrky Trex-Box v 1521 UTC a skončila o 5 hodin a 19 minut později uzavřením závěrky Trex-Box během klesání ve 22,0 km. Dozimetr

M-42 byl zapnut ve 1405 UTC, když bylo užitečné zatížení ve výšce 3,07 km, a zůstal zapnutý až do 2119 UTC ve výšce 1,75 km nad místem přistání balónu. Pracovníci CSBF 24. září 2019 vyzvedli náklad a převezli jej zpět na místo startu v klimaticky řízeném vozidle před odesláním do NASA KSC za okolních podmínek. O tři týdny později byly vzorky a přístroje (Trex-Box a M-42) odstraněny z užitečného zatížení MARSBOX a odeslány do DLR k poletové analýze.



Obrázek 9. Dráha letu balónu s MARSBOX. Hvězdičky označují otevření a zavírání víka Trex-Boxu, což odpovídá začátku a konci expozice UV-VIS záření.

## 2.2.4 Zpracování po letu

Po 5hodinové stratosférické expozici byly vzorky testovány na přežití a metabolické změny. Po doručení vzorků do DLR byl Trex-Box otevřen v anaerobní komoře (výrobky COY Laboratory), aby byla zajištěna konstantní nízká relativní vlhkost (<13 % relativní vlhkosti). Křemenné disky obsahující vysušené buňky a spory byly získány z nosiče a umístěny do 2ml Eppendorfových zkumavek s 1 ml PBS. Pro získání spor *A. niger* byly přidány 2 mm skleněné kuličky. Zkumavky byly vortexovány po dobu 30 s, aby se buňky oddělily od disku, a výsledná suspenze byla použita pro následné analýzy. Spory z houby *A. niger* a buňky bakterie *S. shabanensis* byly nejodolnější s 2- a 4-log redukcí. Exponované *Buttiauxella* sp. MASE-IM-9 byla zcela inaktivována (jak s expozicí UV záření, tak bez ní) a *S. capitissubsp. capitissubsp.* přežil pouze experimentální podmínky chráněné proti UV záření (snížení o 3 log). Naše výsledky podtrhují širokou variabilitu ve fenotypch přežití mikroorganismů spojených s kosmickou lodí a podporují hypotézu, že pigmentované houby mohou být odolné vůči povrchu Marsu, pokud jsou neúmyslně doručeny misemi kosmických lodí.

## 2.3 BIOPAN A EXPOSE

Texty v této kapitole jsem převzal/přeložil z :

[https://www.researchgate.net/figure/In-flight-configuration-of-the-FOTON-satellite-with-the-opened-facility-BIOPAN-mounted-on\\_fig2\\_11588102](https://www.researchgate.net/figure/In-flight-configuration-of-the-FOTON-satellite-with-the-opened-facility-BIOPAN-mounted-on_fig2_11588102),

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2007/09/Biopan\\_is\\_located\\_on\\_the\\_outside\\_of\\_the\\_Foton\\_capsule](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2007/09/Biopan_is_located_on_the_outside_of_the_Foton_capsule),

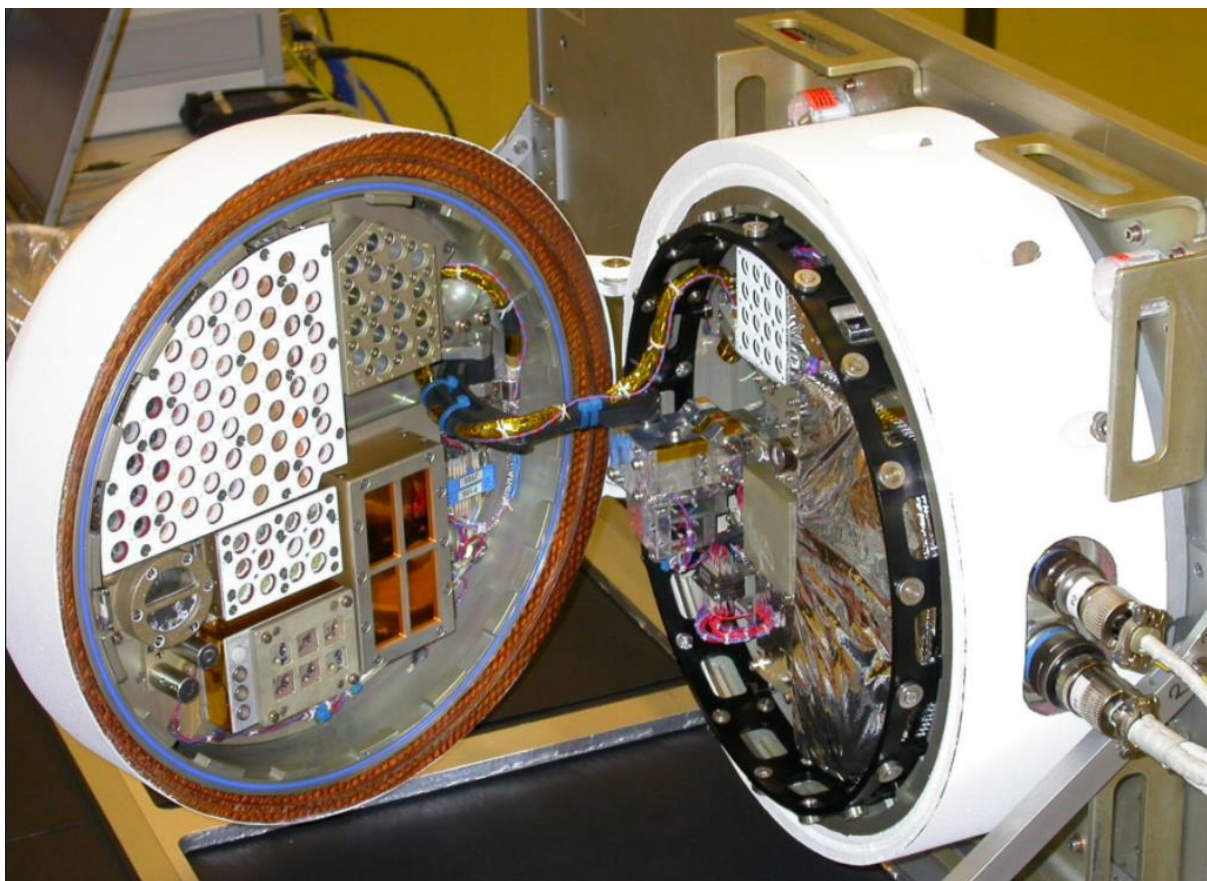
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2007/09/Biopan\\_is\\_located\\_on\\_the\\_outside\\_of\\_the\\_Foton\\_capsule](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2007/09/Biopan_is_located_on_the_outside_of_the_Foton_capsule),

<https://en.wikipedia.org/wiki/EXPOSE>,

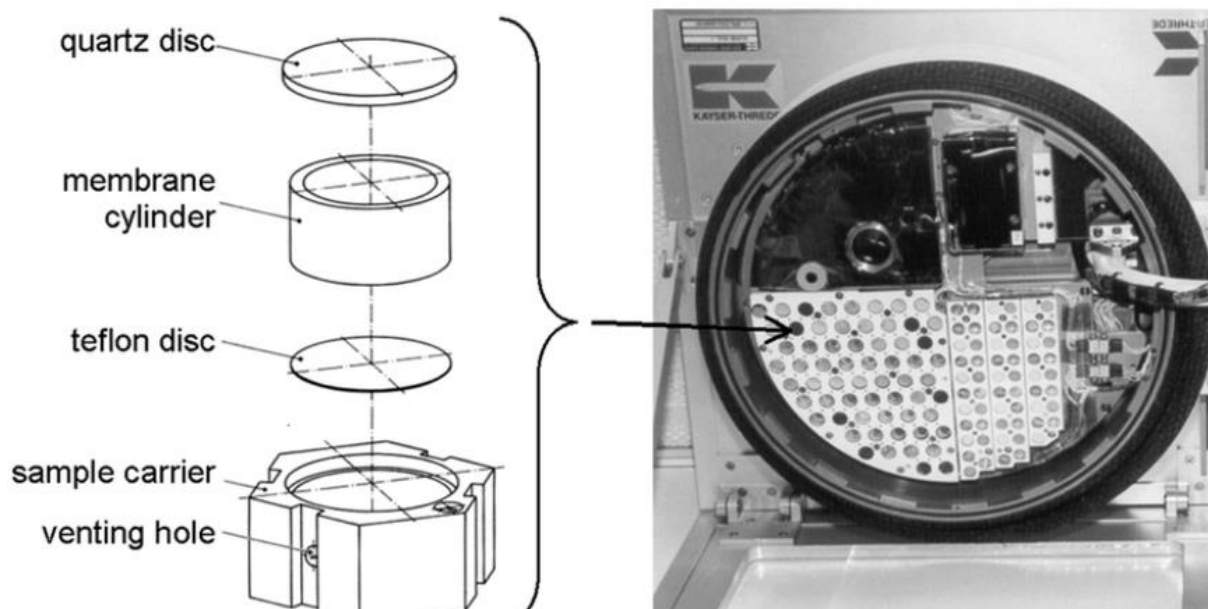
[https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/Exposure\\_experiments\\_installed\\_outside\\_International\\_Space\\_Station](https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exposure_experiments_installed_outside_International_Space_Station)

### BIOPAN

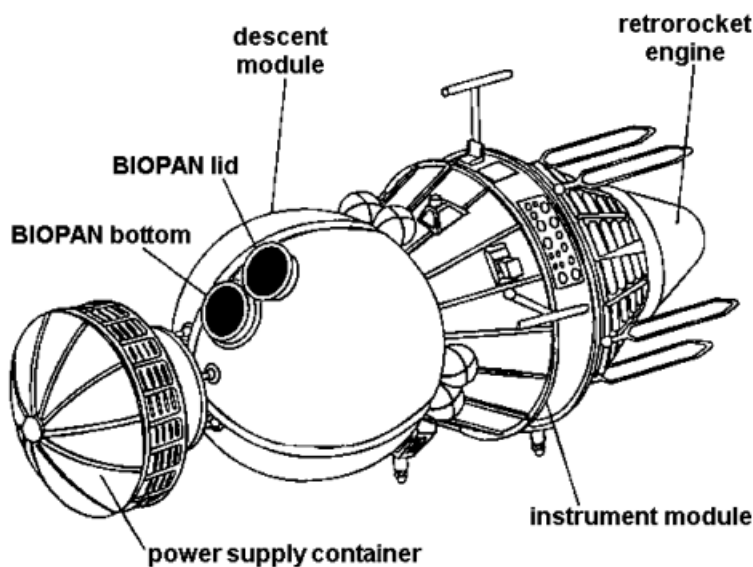
Evropská platforma pro vystavení vesmíru, kterou pro ESA vyvinula společnost Kayser (Threde GmbH, Mnichov/Německo), která nabízí krátkodobé letové příležitosti (dvoutýdenní lety) pro astrobiologický výzkum na nízké oběžné dráze Země. Je navržen jako experimentální kontejner ve tvaru pánve, který lze připevnit na vnější povrch jeho nosiče, ruské re-entry kapsle FOTON. Další zařízení, EXPOSE, bylo navrženo pro delší lety (jeden rok resp. více) na Mezinárodní vesmírné stanici. Obě zařízení, BIOPAN a EXPOSE jsou primárně věnována k exo/astrobiologickým experimentům a mohou podpořit výzkum života či organismů na jiných planetách a možností přenosu života mezi planetami. Dosud provedené experimenty s BIOPAN zahrnují bakteriální spory smíchané s Marsovskou půdní analogií k testování údajné toxicity marťanské půdy při ozáření ve vesmíru slunečním UV zářením při úrovních dávek a vlnových délek srovnatelných s těmi na Marsu (experiment MARSTOX), vzorky permafrostové půdy s jejich vnořenými přírodními prastarými bakteriemi spory (experiment PERMAFROST) a lišejníky (experiment LICHENS) a kvasinky (experiment YEAST), kde se zkoumají biologické účinky nízkoenergetických protonů. Proběhly další experimenty relevantní pro exo/astrobiologický výzkum na Marsu navržena pro další let BIOPAN v roce 2007. Jedná se konkrétně o testování součástí nástroje Life Marker Chip (LMC), analytického nástroje pro misi ESA ExoMars, zaměřenou na provádění detekce života. Tento přístroj bude testován ve scénáři mise a ve vesmírném prostředí, konkrétně stabilita molekulárních složek (protilátky a fluorescenční barviva) a integrita mikročipů po kosmickém letu.



Obrázek 10. BIOPAN otevřený během letu. Aby vystavil experimenty prostředí vesmíru.



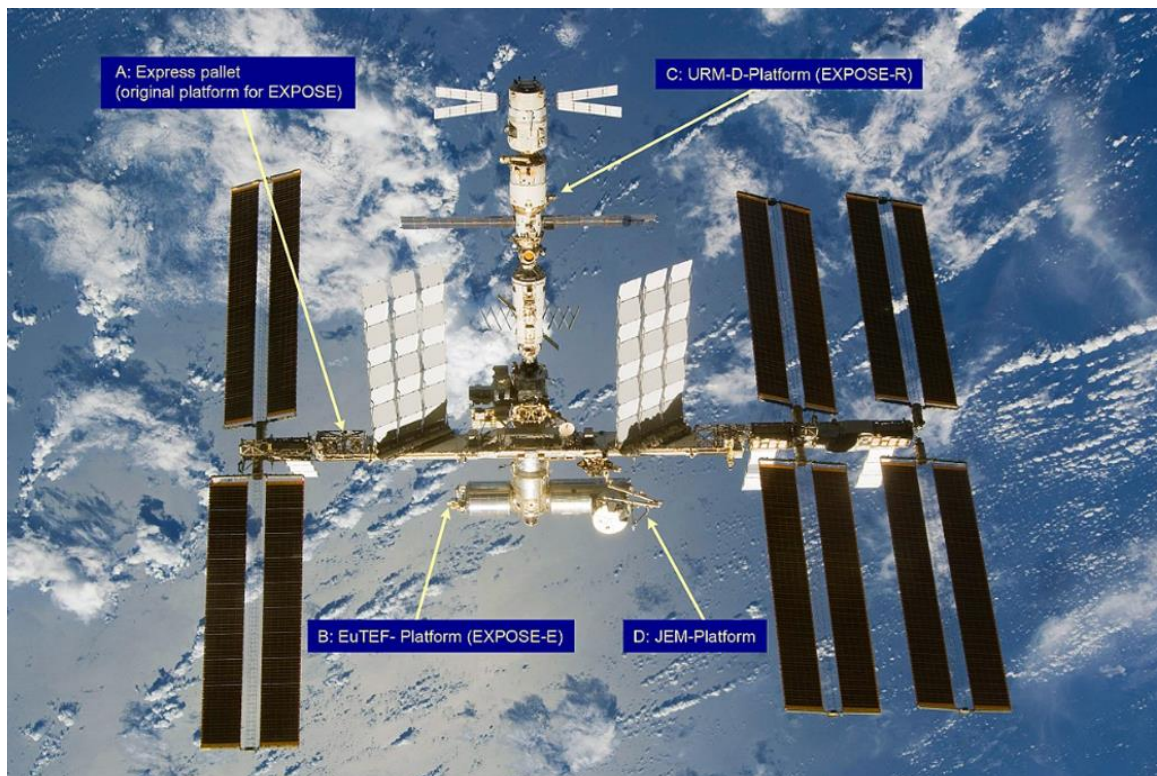
Obrázek 11: Hardware experimentu "SURVIVAL" umístěný uvnitř zařízení BIOPAN. A pohled na rozložený nosič vzorku.



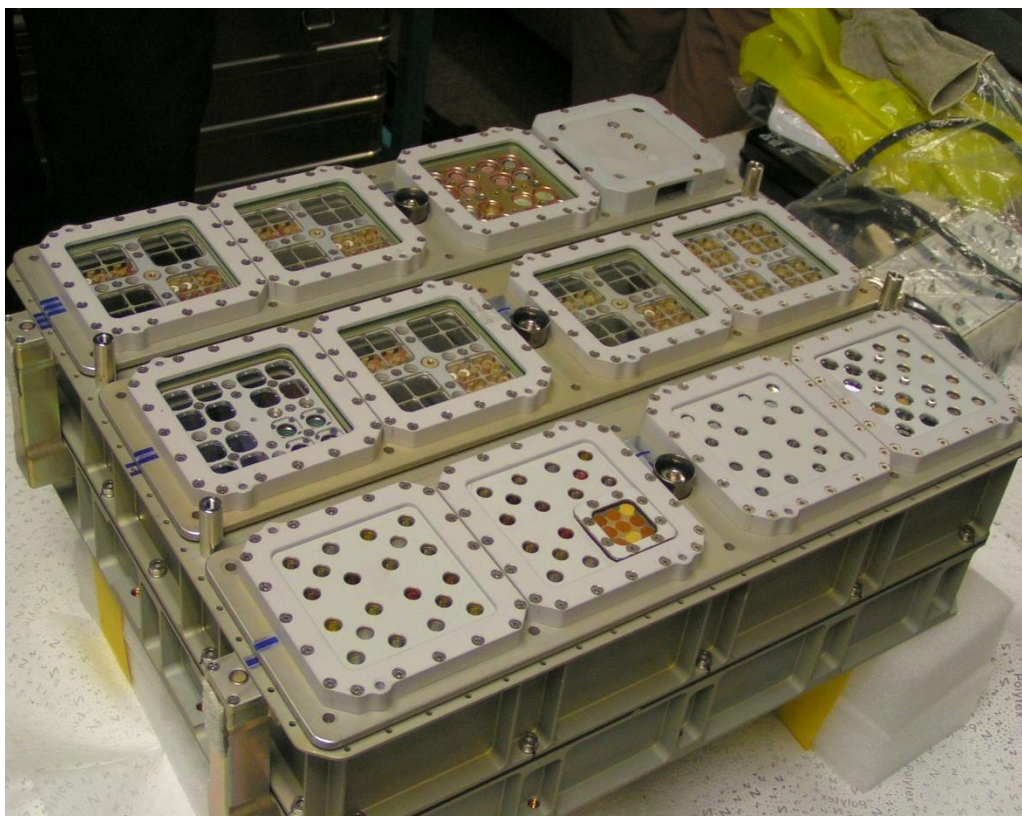
Obrázek 12: Umístění BIOPANU na povrchu kaple FOTON

## EXPOSE

Víceúčivatelské zařízení umístěné mimo Mezinárodní vesmírnou stanici (ISS) věnované astrobiologii . EXPOSE byla vyvinuta Evropskou kosmickou agenturou (ESA) pro dlouhodobé lety do vesmíru a byla navržena tak, aby umožňovala vystavení chemických a biologických vzorků kosmickému prostoru a zároveň zaznamenávala data během expozice. EXPOSE má několik cílů, specifických pro každý experiment, ale všechny spojené s doménou astrobiologie . Jejich společným cílem je lépe porozumět podstatě a vývoji organické hmoty přítomné v mimozemském prostředí a jejich potenciálním důsledkům v astrobiologii.



Obrázek 13: Umístění EXPOSE na ISS



Obrázek 14: EXPOSE je vybavena třemi tácy pro různé biologické vzorky

## 2.4 StratoBox

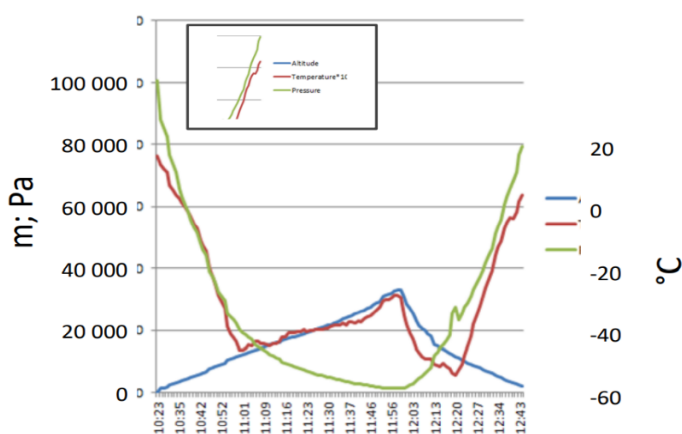
Texty v této kapitole jsem převzal/přeložil z: <https://technecium.org/stratobox/>

V rámci mezinárodního projektu NEARSPACE CZ, ve spolupráci s projektem Věda jede byla vypuštěna na začátku května 2022 k hranicím vesmíru naší stratosférická balónová sonda StratoBox 3.0 (navazující na projekt Stratobox 1.0) s experimenty žáků a studentů SŠ a VŠ, která vznikala ve spolupráci s předními odborníky na kosmické počasí, fyziku a chemii atmosféry, astrobiologii a dálkový průzkum Země. Projekt si klade za cíl ukázat atraktivní vědecká témata a možnosti nových technologií tak i příležitosti spojené s rozvojem kosmického průmyslu v ČR ve vědě a výzkumu či sektoru inovačních high-tech firem a technologických start-upů. Na projektu se podílí vědci a inženýři z více než desítky pracovišť Akademie věd, vysokých škol a inovačního průmyslu. Sonda jejich experimenty vynese na několik hodin až k hranicím vesmíru. Po přistání pak budou moci získaná data společně s námi vyhodnotit. Vývoj robotické sondy zajišťuje v rámci svých vzdělávacích aktivit Talent centrum průmyslu 4.0 – Technecium



Obrázek 15: Umístění užitečného zatížení na boxu

## Letový profil



Obrázek 16: Letový profil projektu StratoBox

Obrázky poskytl Mgr. Tomáš Petrásek, PhD.

## 3 KONTEJNER PRO EXPOZIČNÍ BIOLOGICKÝ STRATOSFÉRICKÝ EXPERIMENT

Ideální kontejner pro by z pohledu biologa-stresového fyziologa měl mít následující vlastnosti:

- Monitorování a záznam parametrů prostředí (vně i uvnitř) – teplota, atm. tlak, UV a VIS záření.
- Monitorování a záznam průběhu experimentu – kamera/fotoaparát
- Minimálně 3 typy expozice: úplně otevřená; uzavřená, ale propustná pro kosmické záření; odstíněná (alobalem).



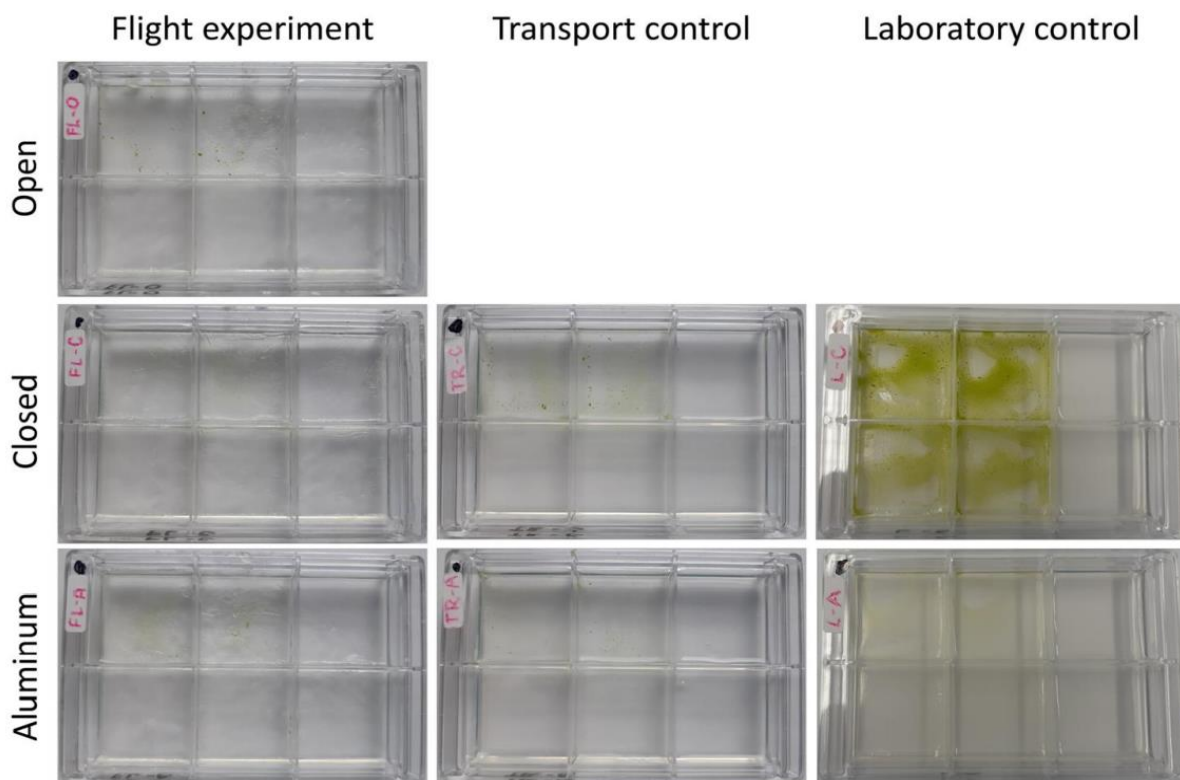
- Integrace vzorků – nosič s kulturami řas (destička,), vzorky by se měly nechat snadno vložit i vyložit pro fyziologická měření.
- V případě integrace vzorků do kontejneru je třeba počítat se sterilizací
- Vzorky jsou primárně na agarové vrstvě

### 3.1 Konceptní návrh kontejneru

Koncepce kontejneru je zvolena jako polystyrenový box v němž je samostatně umístěn GPS lokátor. Hlavní funkční částí je řídicí systém založený na arduinu Nano R3 s napájením jež je rovněž umístěno uvnitř boxu. Jsou zde i čidla tlaku a teploty. Uvnitř boxu je také lineární servopohon pro odpojení boxu od balonu. Na povrchu boxu jsou umístěny krabičky pro expozici, z nichž jedna je ovládaná servopohonem a kamera pozorující otevření krabičky. Jsou zde umístěny i senzory UV záření a VIS světla.

#### 3.1.1 Integrace biologických vzorků do kontejneru

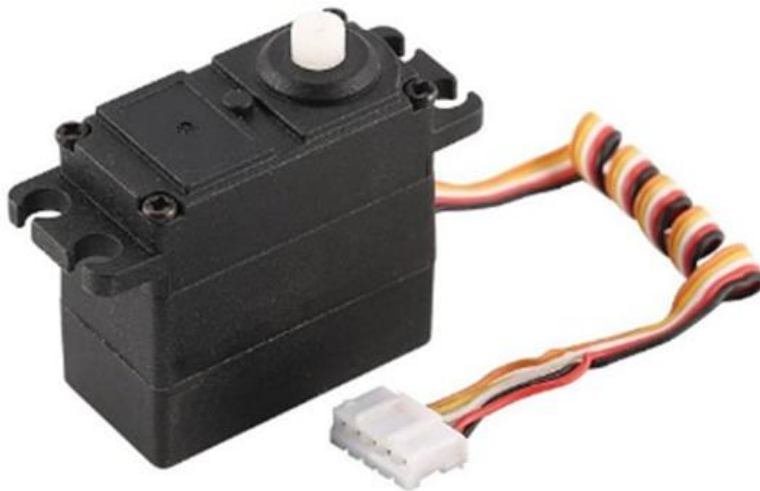
Jako nosič s kulturami řas budou použity polystyrenové krabičky s šesti komorami. Vzorky by se měly nechat snadno vložit a vyložit pro fyziologická měření. Je třeba počítat se sterilizací. Vzorky budou primárně na agarové vrstvě.



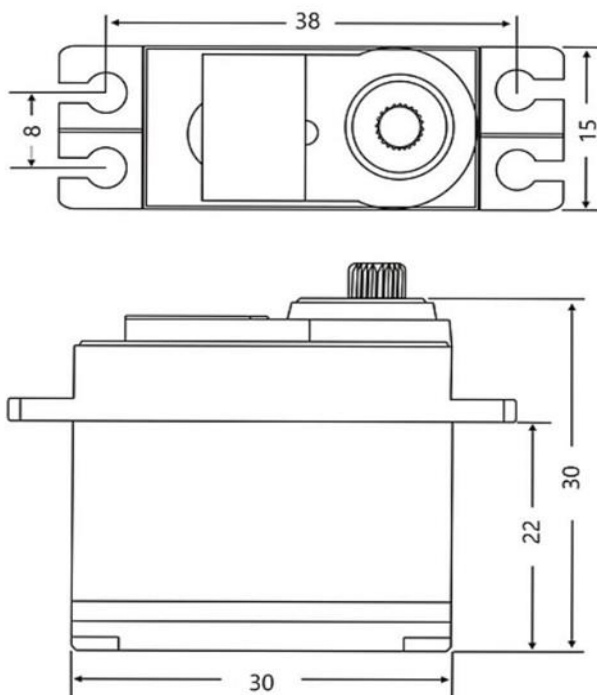
Obrázek 17: Typy expozice destiček

### 3.1.2 Mechanismus pro otevření krabičky

Otevření krabičky bude zajištěno pomocí serva STX 5



Obrázek 18: Servo STX 5

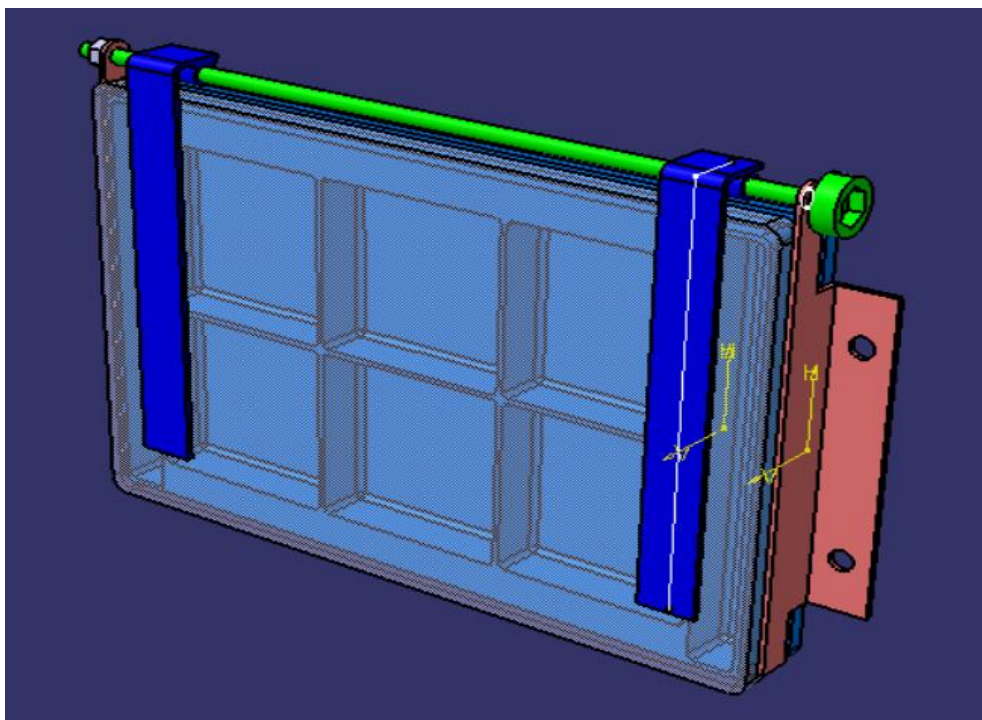


Obrázek 19: Servo STX 5 s hlavními a připojovacími rozměry [12]

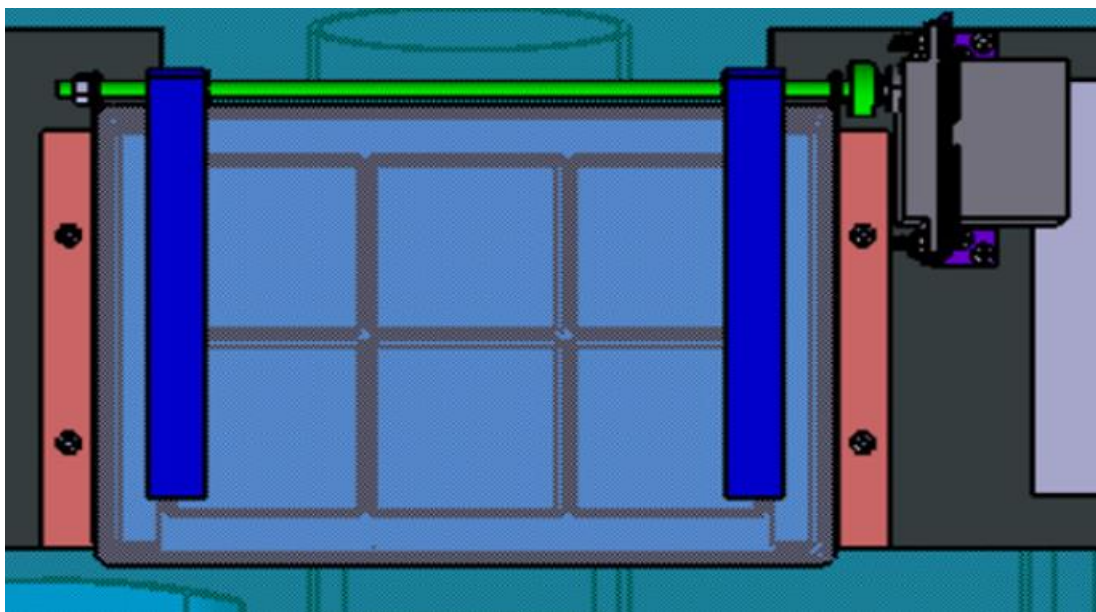
Výrobce uvádí:

#### Technické parametry

Kategorie:	RC Serva
Ozubení:	Plastové
Rychlost (sec.):	0,11-0,2 (sec.)
Tah (kg):	0-5 (kg), 6-10 (kg)
Typ serva:	Mini
Váha (g):	16-30 (g)
Vlastnosti:	Digitální, 5pin



Obrázek 20: Vybavení krabičky úchyty a panty pro otevření



Obrázek 21: Ustavení serva STX 5 ke krabičce

### 3.1.3 Monitorování a záznam průběhu experimentu

Záznam o průběhu experimentu bude proveden pomocí skryté kamery ve flash disku ESONIC CAM -7

Výrobce uvádí:

Esonic CAM-U7 je novým modelem špičkového flash disku se skrytou minikamerou. Flash disk má několik funkcí, které jsou u podobných produktů ojedinělé. Flash disk kombinuje vysokou míru nenápadnosti, velmi malé rozměry a špičkové funkce. Mezi takové funkce patří výdrž při nahrávání videa z vlastní baterie po dobu 2 hodin (při použití externího bateriového boxu a detekce pohybu může být výdrž dokonce 10 hodin). Další výhodou je použití paměťových karet až do výše 128GB, což v kombinaci s napájením přes USB představuje délku nepřetržitého nahrávání až po dobu 16 hodin. Flash disk disponuje též praktickým klipem a otočnou kamerou, což rozšiřuje možnosti jeho využití.

Skvěle maskovaná HD minikamera s otočným objektivem s úhlem otáčení až 90° umožní přizpůsobit úhel záběru daným podmínkám. Při současném upevnění flash disku pomocí praktického klipu dosáhnete zafixování minikamery a zvýšíte tak výslednou kvalitu záběrů.

Flash disk nahrává sekvence po 10 min, při použití nahrávání detekcí pohybu pak vždy nahraje sekvenci 10 min.

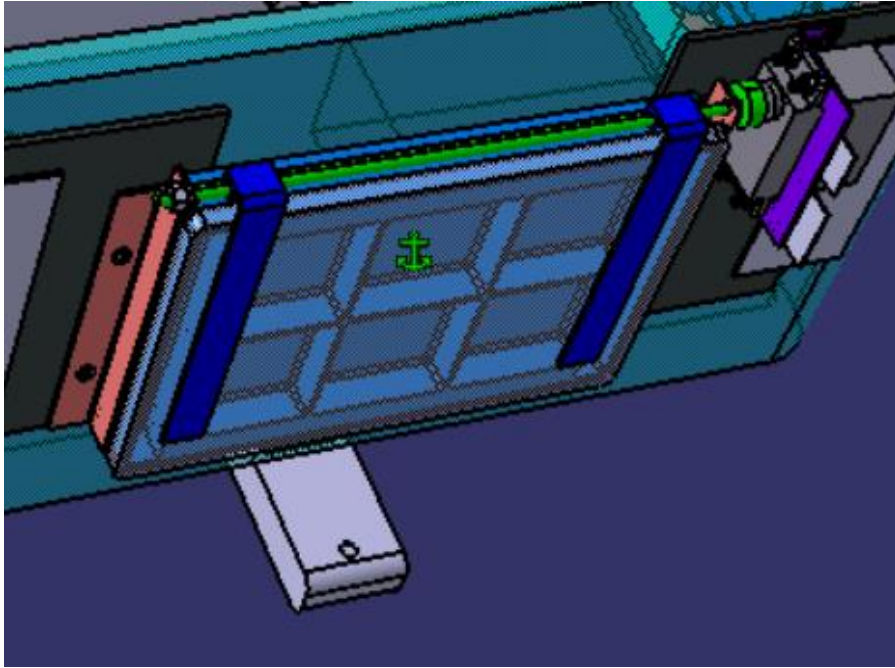


Obrázek 22: *Flash discu ESONIC CAM -7.* [8]

Výrobce uvádí:

Přednosti flash discu ESONIC CAM-U7

- skvěle maskovaná minikamera ve flash disku
- rozlišení videa: HD 1280x720px/max 30 fps
- otočný objektiv až do 90°
- výdrž při nepřetržitém nahrávání 2 hodiny (při použití externího boxu až 5 hodin)
- výdrž při nahrávání detekcí pohybu 4 hodiny (při použití externího boxu až 10 hodin)
- 16hodin kontinuálního nahrávání při použití paměťové karty 128GB a napájení přes USB (PC nebo adaptér)
- vestavěná baterie Li-Pol 320 mAh
- konektivita USB 2.0
- rozměry: průměr 82 x 26 x 13,5 mm
- váha: 22 g



Obrázek 23: Umístění flash discu na kontejneru pod krabičku

### 3.1.4 Monitorování a záznam parametrů (teplota, tlak, UV záření, VIS záření)

#### 3.1.4.1 Voděodolný teploměr pro jednodeskové počítače DS18B20

Výrobce uvádí:

Vlastnosti:

Digitální teploměr s přesností  $\pm 0,5^\circ$

rozsah měření:  $-55^\circ\text{C}$  až  $+125^\circ\text{C}$

sonda s teplotním čidlem DS18B20,

nerezové ocelové zapouzdření, vodotěsné

napájení: 3.0 - 5.5V

Sonda s teplotním čidlem DS18B20

Nerezové ocelové zapouzdření vodotěsné

Napájení: 3.0 - 5.5V

Rozsah měření:  $-55^\circ\text{C}$  až  $+125^\circ\text{C}$

Přesnost měření: v rozsahu od  $-10^\circ\text{C}$  až  $+85^\circ\text{C}$ :  $\pm 0,5^\circ$

Zapojení: červená (VCC), žlutá (DATA), černá (GND)

Délka kabelu: 100 cm



Obrázek 24: *Voděodolný teploměr pro jednodeskové počítače DS18B20.* [18]

### 3.1.4.2 Senzor UVB/UV záření ML8511 pro Arduino

Výrobce uvádí:

Senzor UVB/UV záření ML8511 je snadno použitelný senzor ultrafialového světla. Výstup je analogový signál o síle v závislosti na množství UV záření, které je detekováno. Tento senzor detekuje 280-390 nm neefektivněji. To je kvalifikováno jako část UVB spektra a většina UVA (opalovací paprsky) spektra. Výstupní analogové napětí, které je přímo úměrné naměřené intenzitě UV záření ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ).  
Rozměry: 13 mm x 11 mm x 1 mm.



Obrázek 25: *Senzor UVB/UV záření ML8511.* [6]

### 3.1.4.3 Senzor VIS světla

Výrobce uvádí:

Fermion AS7341 – 11kanálový senzor viditelného světla

Modul vyráběný společností DFRobot s integrovaným čipem AS7341. Jedná se o 11kanálový senzor viditelného světla, který využívá novou generaci integrovaného obvodu - spektrální senzor. Modul má osm kanálů viditelného světla, blízký infračervený kanál a kanál bez filtru. Kromě toho má také jeden kanál určený k detekci blikajícího okolního světla. Senzor od DFRobot je vybaven 6 nezávislými 16bitovými kanály ADC, které umožňují paralelní zpracování dat.



Obrázek 26: Senzor VIS světla. [7]

### 3.1.4.4 Čidlo tlaku 1 PSI – G – 4V ( 0 – 1 PSI )

Výrobce uvádí:

Řada snímačů středního tlaku Amplified je založena na patentované technologii balení pro snížení chyb. Tento model poskytuje poměrový 4 voltový výstup s vynikajícími výstupními charakteristikami. Pouzdro senzoru bylo navrženo speciálně tak, aby zmenšilo balení indukovaný parazitický stres a napětí. Senzor navíc využívá křemíkovou, mikroobrobenou strukturu se zvýšenou koncentrací napětí poskytují velmi lineární výstup měřenému tlaku. Tyto kalibrované a teplotně kompenzované senzory poskytují přesný a stabilní výstup v širokém teplotním rozsahu. Každý senzor je vnitřně kompenzován pomocí kompenzační techniky ASIC. Tato řada je určena pro použití s nekorozivním a neiontovým zpracováním kapaliny, jako je vzduch, suché plyny a podobně.

Výstup zařízení je poměrový k napájecímu napětí v rozsahu napájecího napětí 4,5 až 5,5 voltů.

- Rozsahy tlaku 0 až  $\pm 0,3$  až 0 až 150 psi
- Poměrový 4V výstup
- Teplotní kompenzace
- Kalibrovaná nula a rozpětí





Obrázek 27: Čidlo tlaku. [5]

### 3.1.5 GPS Lokátor TKSTAR

Výrobce uvádí:

#### Specifikace

Jako jeden z mála modelů na trhu podporuje 4G LTE síť, díky které je schopen fungovat i v místech, kde pokrytí běžnou 2G sítí není dostupné. Dokonalé těsnění zajišťuje tu nejvyšší ochranu a je tak vhodný i pro milovníky vody. Pomocí gumových přeseků jej snadno uchytíte. Online sledování zajišťuje nepřetržitý monitoring pohybu a poskytuje údaje o pohybové aktivitě. Tento režim je ideální v případě, kdy nevyžadujete sledování lokátoru v reálném čase na mapě, ale spokojíte se pouze se zjištěním jeho aktuální polohy. Tímto způsobem také dosáhnete nejvyšší možné úspory baterie v lokátoru. Lokátor (dle nastavení) zůstává v režimu spánku a probouzí se pouze tehdy, když chcete znát jeho polohu, nebo informace o jeho stavu. Lokátor prozvoníte, nebo na něj zašlete příslušný příkaz a v vzápětí obdržíte SMS zprávu s údaji o stavu baterie, aktuální rychlosti, údaje o zeměpisné šířce, délce a odkaz na mapy. Po rozkliknutí odkazu se Vám zobrazí aktuální poloha Vašeho lokátoru zobrazená na mapě. Pokud chcete mít detailní přehled o pohybu lokátoru, zvolíte tento režim. Po správném nastavení lokátoru můžete v aplikaci pro chytré telefony, nebo v prohlížeči Vašeho počítače, sledovat pohyb lokátoru v reálném čase, zobrazit si historii pohybu za libovolné časové období, nastavit si GEO-plot a využívat mnoho dalších funkcí.

#### Dohledávání

Pokud dojde např. k zapadnutí lokátoru v nepřehledném terénu, nebo ke ztrátě ve vaší domácnosti, dálkově můžete na lokátoru spustit hlasité pípání, nebo blikání jasné LED diody.

#### Funkce:

- Sledování polohy v reálném čase
- Monitoring pohybové aktivity

- Určování polohy pomocí GPS+GSM/4G LTE modulu
- Zobrazení historie pohybu
- Funkce GEO-plotu
- Upozornění na pohyb
- Vodotěsnost
- Upozornění na nízký stav baterie
- Výdrž baterie v pohotovostním režimu až 168 hodin

Technická specifikace:

- Rozměr: 75 x 29 x 18mm
- Hmotnost: 41g
- Stupeň krytí: IP67
- Síť: GSM/GPRS/4G LTE
- GPS chip: UBLOX
- Citlivost GPS: -159dBm
- Provozní teplota: -20 až +55°C
- Kapacita baterie: 800mAh
- Výdrž na jedno nabití - SMS režim: 7 dnů
- Výdrž na jedno nabití-ONLINE režim: 16 hodin nepřetržitého pohybu (7 dnů v režimu stand-by)



Obrázek 28: GPS Lokátor TKSTAR. [9]

## 3.1.5 Úložiště dat a napájení systému

### 3.1.5.1 Arduino Nano R3, ATmega328P Klon

Výrobce uvádí:

Vývojová deska kompatibilní s Arduino Nano s USB převodníkem CH340 a miniUSB. Vývojová deska formátu Arduino Nano. Svými rozměry a uspořádáním pinů se výborně hodí jako modul do různých elektronických konstrukcí. Díky integrovanému USB konektoru a USB převodníku můžeš bez speciálního zapojení, nahrávat program do desky. Po softwarové stránce se deska programuje přes integrované vývojové prostředí Arduino IDE, které nabízí jednoduchý a přehledný programovací jazyk WIRING. Tato deska je vhodná jak pro začínající, tak pro pokročilé a díky své univerzálnosti se dá použít téměř v každém projektu.

Specifikace:

Mikrokontroler ATmega328P

Frekvence CPU až 20MHz

FLASH 32KB

EEPROM 1KB

SRAM 2KB

14x digital I/O

1x 10-bit ADC 6 kanálů

6 PWM kanálů

2x 8-bit časovač – oddělený Prescaler + Compare Mode

1x 16-bit časovač – oddělený Prescaler + Compare Mode + Capture Mode

1x programovatelný Watchdog časovač s odděleným integrovaným oscilátorem

1x USART

1x SPI

1x I2C

1x analogový komparátor

1x obvod reálného času – RTC s odděleným oscilátorem

Interrupt a Wake-up při změně úrovně na pinu

Oscilátory, reset a správa napájení:

Napájení 1.8 – 5.5V

Reset při zapnutí napájení (Power-on Reset) a programovatelný detektor nízkého napětí (Brown-out)

Externí až 20MHz oscilátor pro CPU

Interní 8MHz oscilátor pro CPU

Interní oscilátor pro RTC

Režim nízké spotřeby:

Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby a Extended Standby

Vývojová deska

Rozměry desky 53mm x 22mm. Rozteč pinů odpovídá standartnímu 40pin DIP pouzdrů – breadboard friendly

Vstupní napětí 5V, nebo při připojení napájení na vstup VIN 6,5-12V

Zdroj 3,3V – maximální proudový odběr 100mA

Integrovaný ISP programátor s převodníkem CH340 a miniUSB konektorem

Resetovací tlačítko

16MHz krystal

Integrované LED – Power, RX, TX a napájení

Integrovaná LED – L ovládaná programově

Integrovaný ICSP konektor

Desku lze napájet pomocí USB konektoru, nebo napájecích pinů

Váha: 15g



Obrázek 29: *Arduino Nano R3, ATmega328P Klon.* [11]

### 3.1.5.2 Nabíječka + boost pro USB Powerbank 5V

Výrobce uvádí:

Boost měnič , nabíječka a ochrana baterie v jednom.

Specifikace:

Vstupní napětí:	5V
Výstupní napětí:	5V USB
Výstupní proud:	1A
Nabíjení baterie:	4.2V
Nabíjecí proud:	1A max
Ochrana proti vybití:	2.9V
Vlastní spotřeba po dobu nečinnosti:	8uA
LED indikace:	bliká nabíjení, svítí vybití
Rozměry:	22x18x12mm
Váha:	2g



Obrázek 30: Nabíječka + boost pro USB Powerbank 5V. [17]

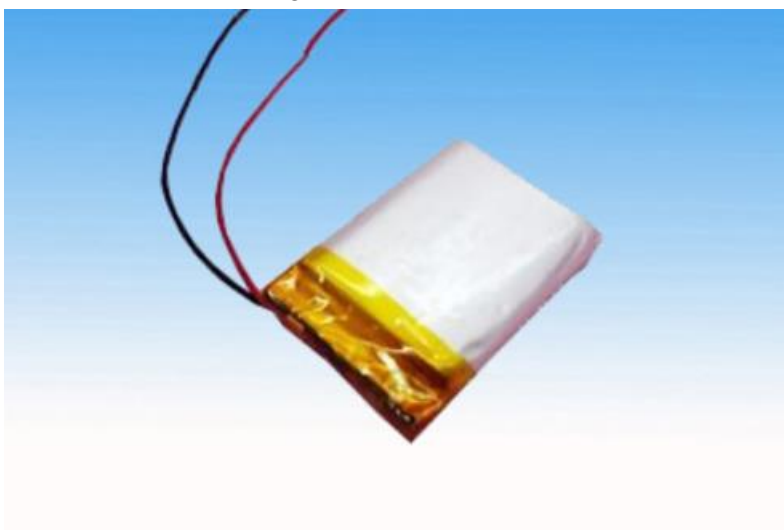
### 3.1.5.3 Baterie GEB-803040+

Výrobce uvádí:

Li-Pol - 3,6 V / 900 mAh s bezpečnostní elektronikou a kablíky (70 mm)

Baterie opatřena ochrannou elektronikou. Rozměrový typ: 803040; 083040

Napětí: 3,6 V  
Kapacita: 900 mAh  
Rozměry: 7,5x29x41 mm  
Hmotnost: 0,019 kg



Obrázek 31: Baterie GEB-803040+. [16]

## 3.1.6 Zajištění odpojení boxu po expozici

### 3.1.6.1 Servo H2040T 2,9g

K odpojení boxu po expozici bude použito Servo H2040T 2,9g

Výrobce uvádí:

Specifikace:

Hmotnost:	0,01 kg
Řízení:	digitální
Napájecí napětí:	4,0 – 6,0 V
Rozměry:	19x24x9 mm
Hmotnost:	2,9 g
Tah:	230 g
Rychlost:	0,05/dráha/4,8V
Převody:	Nylon
Ložiska:	1 x kuličkové
Typ motoru:	stejnoseměrný Coreless
Konektor:	JST-SHR



Obrázek 32: Servo H2040T 2,9g. [13]



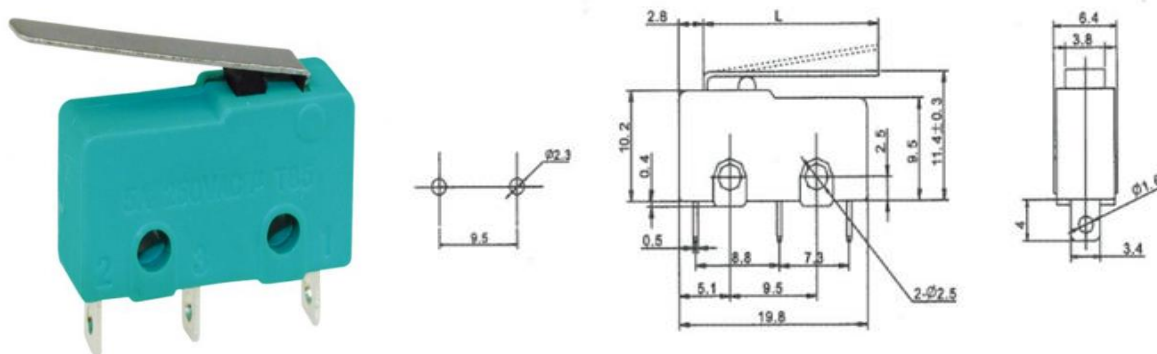
Obrázek 33: Zařízení odpojení boxu pomocí lineárního serva

### 3.1.6.2 Mikrospínač do DPS, 1pól, ON-(ON)

Výrobce uvádí:

Specifikace :

výška	11,5mm s páčkou MSW-12 20mm
Váha	0.00221 Kg
Jmenovité napětí:	250 V
Polohy spínače:	ON-(ON) -
Počet kontaktů:	3
Jmenovitý proud:	5 A
Elektrická životnost:	100000 cyklů
Počet pólů:	1 -
Přechodový odpor:	30 mOhm
Pracovní teplota max:	80 °C
Rozměry (D x Š x V):	19,8x10,2x6,4 mm
Pracovní teplota min:	-25 °C
Mechanický ovladač:	



Obrázek 34: Mikrospínač s hlavními rozměry. [14]

### 3.1.6.3 Unipolární tranzistor TO252AA IRLR110PbF

Přes tranzistor přijde pokyn od Ardiuna k lineárnímu servu

Výrobce uvádí:

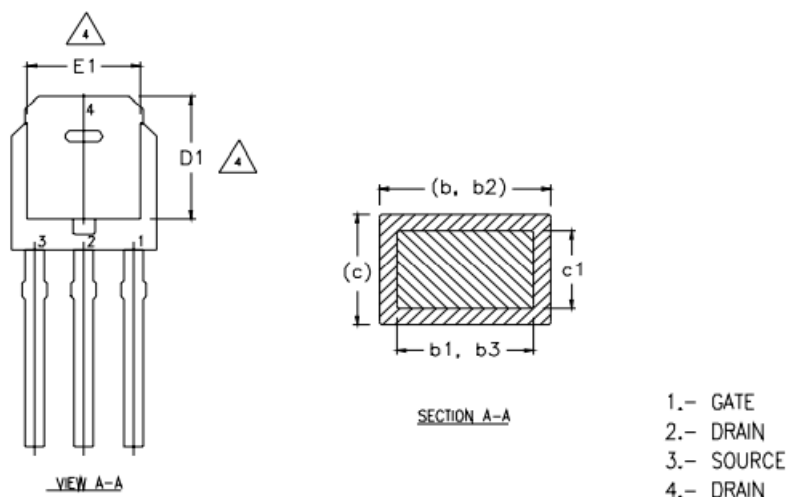
Specifikace :

Váha	0.00048 Kg
Technologie:	N-HEXFET -
U <sub>gs</sub> :	10 V
Kategorie:	Unipolární tranzistor
Provedení:	SMD -
U <sub>ds</sub> :	100 V
Pouzdro:	TO252AA -
I <sub>dss</sub> :	4,3 A
P <sub>d</sub> :	25 W
Polarita tranzistoru:	N kanál -
Ochr. Dioda:	ano -
R <sub>ds</sub> :	0,54 Ohm





Obrázek 35: Unipolární tranzistor. [15]



Obrázek 36: Označení pinů na unipolárním tranzistoru. [15]

### 3.1.7 Návrátové zařízení

Návratové zařízení bude aktivováno po uplynutí expoziční doby (cca 1 hodina). Po odpojení od balonu pomocí lineárního serva dojde k vytažení výtažného stabilizačního padáku šňůrou spojenou s balonem vlastní tíhou boxu. Po sestupu do nižší výšky, kde je vyšší hustota vzduchu dojde k vytažení hlavního padáku. Oba padáky budou umístěny v tubusu v boxu. V dolní části tubusu bude hlavní padák a nad ním bude umístěn výtažný padák.

### Výpočet velikosti hlavního padáku

Účelem padáku bude zajišťovat pádovou rychlost pod 5 m/s. Pro tento výpočet bylo nutné provést rešerši komerčně dostupných padáků a jejich koeficientů odporu  $C_d$ . Pro tento účel jsou dostupné padáky s koeficientem  $C_d=2,2$ .

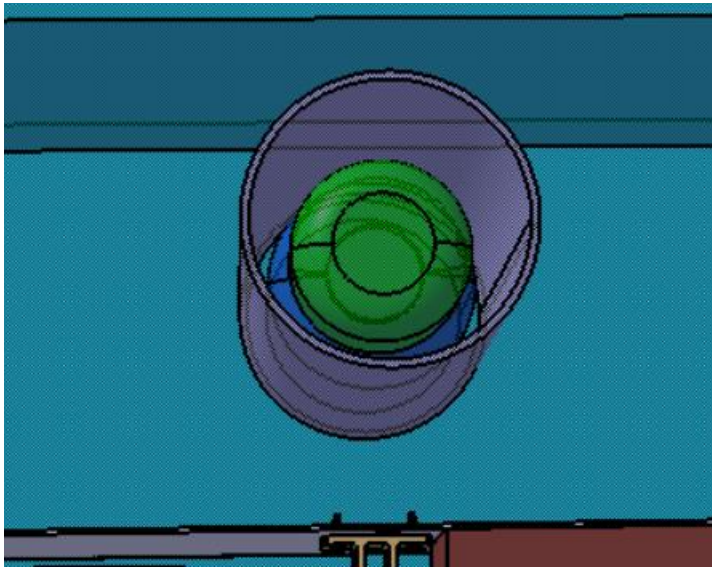
Plochu padáku pak lze spočítat jako

$$S = \frac{2gm}{\rho C_d v^2} = 0,147 m^2$$

Padák s takovou plochou je obtížné najít, proto byl z katalogu vybrán padák s plochou (0,289  $m^2$ ). Typ Mid Power / HP Drogue. Průměr padáku je 24“.

### Výtažný padák

Jako výtažný padák byl zvolen Estes padák 23cm (9")



Obrázek 37: Umístění hlavního a výtažného padáku v boxu.  
Zelená – výtažný padák, Modrá – hlavní padák

## 3.2 Hmotnostní bilance

### Hmotnost elektronických zařízení

ervo STX 5	16g
Flash discu ESONIC CAM -7	22g
Teploměr	0,5g
Senzor UV	0,5g
Senzor VIS	0,5g
Čidlo tlaku	0,5g
GPS	41g
Arduino	15g
Nabíječka + boost pro USB Powerbank	2g
Baterie	19g
Lineární servo	3g
Mikrospínač	2,2g
Tranzistor	0,5g
Celkem :	122,7g

Tabulka č.1: Hmotnost elektronických zařízení

### Hmotnost mechanických částí

Příložky ke krabičkám	9,6g
Otevírací panty	4g
Hřídelka k servu STX 5	2g
Čep lineárního serva	2g
Střední díl odpojení hřídele	8,2g
Objímka seva STX 5	1,8g
Šrouby	2g
Celkem :	27,6g

Tabulka č.2: Hmotnost mechanických částí

### Hmotnost krabiček s agarem

1 xkrabička s agarem	60g
Celkem 3 krabičky:	180g

Tabulka č.3: Hmotnost krabiček s agarem

### Hmotnost návratového zařízení

Výtažný padák	4g
Hlavní padák	64g

Celkem :	66g
----------	-----

Tabulka č.4: Hmotnost návratového zařízení

### Hmotnost kontejneru

Dno kontejneru	40g
1 víko	9,5g
2 víko	9,5g
Přepážka	20g
Tubus padáku	15g
Suché zipy	10g
Celkem :	104g

Tabulka č.5: Hmotnost kontejneru

### Hmotnost kontejneru se zařízením a elektronikou celkem

Celková hmotnost	500,3g
------------------	--------

## 3.3 Postup ustavení zařízení do kontejneru

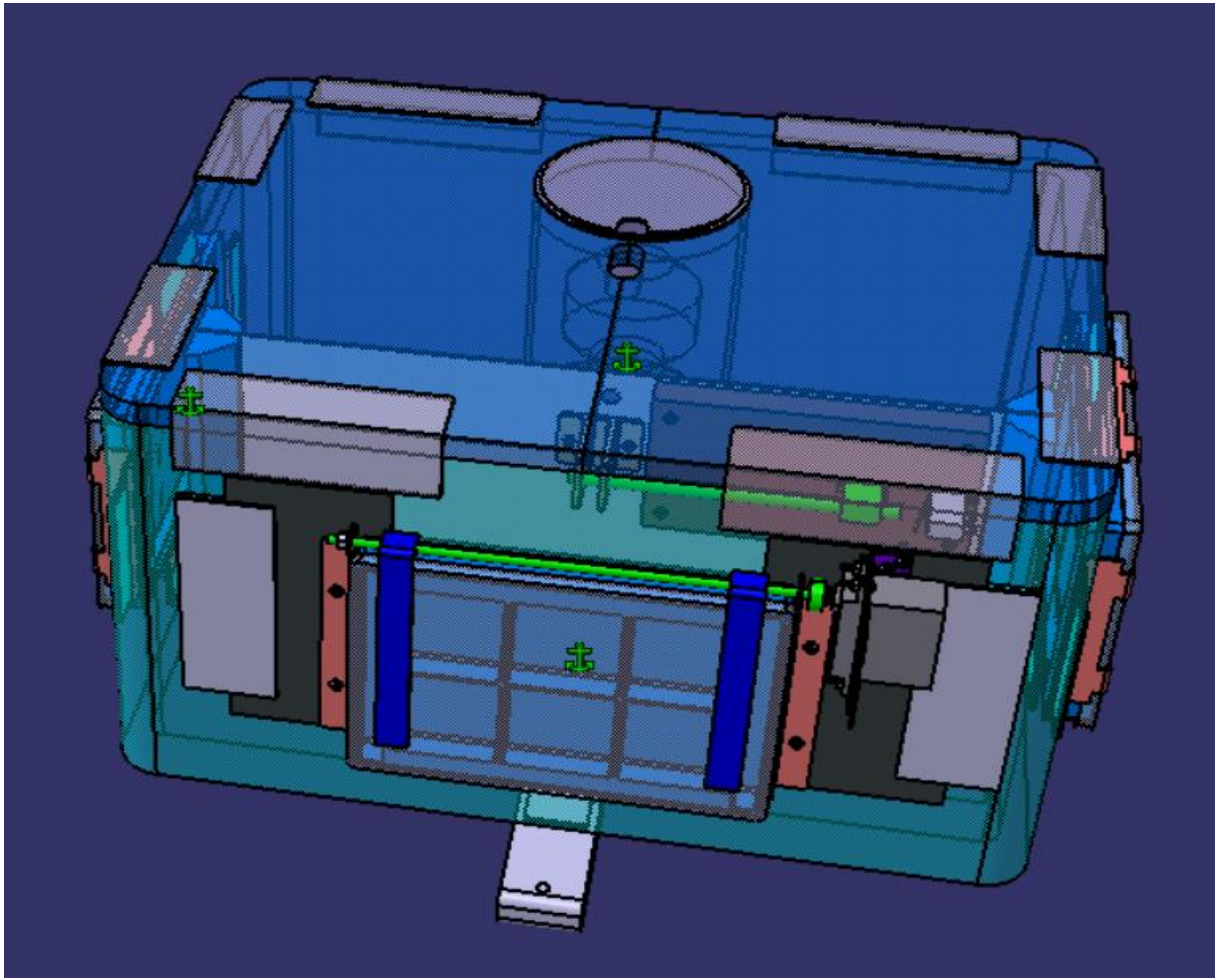
### Vnitřní část Kontejneru

Do spodní části kontejneru se vlepí přepážka z polystyrenu (HIPS) na kterou bude přišroubováno lineární servo a střední díl odpojení hřídele. Vlepí se tubus padáku z kartonu do kterého se ustaví hlavní a výtažný padák. Na dno kontejneru bude umístěna krabička s elektronikou (uchycení krabičky suchým zipem). Na dně kontejneru bude přichycena i GPS (rovněž pomocí suchého zipu). K hřídelce lineárního serva se uchytí šňůra k balonu. Hlavní padák bude přichycen šňůrou k otvoru na přepážce. Kontejner bude uzavřen oběma díly víka, které budou připevněny pásky ze suchého zipu.

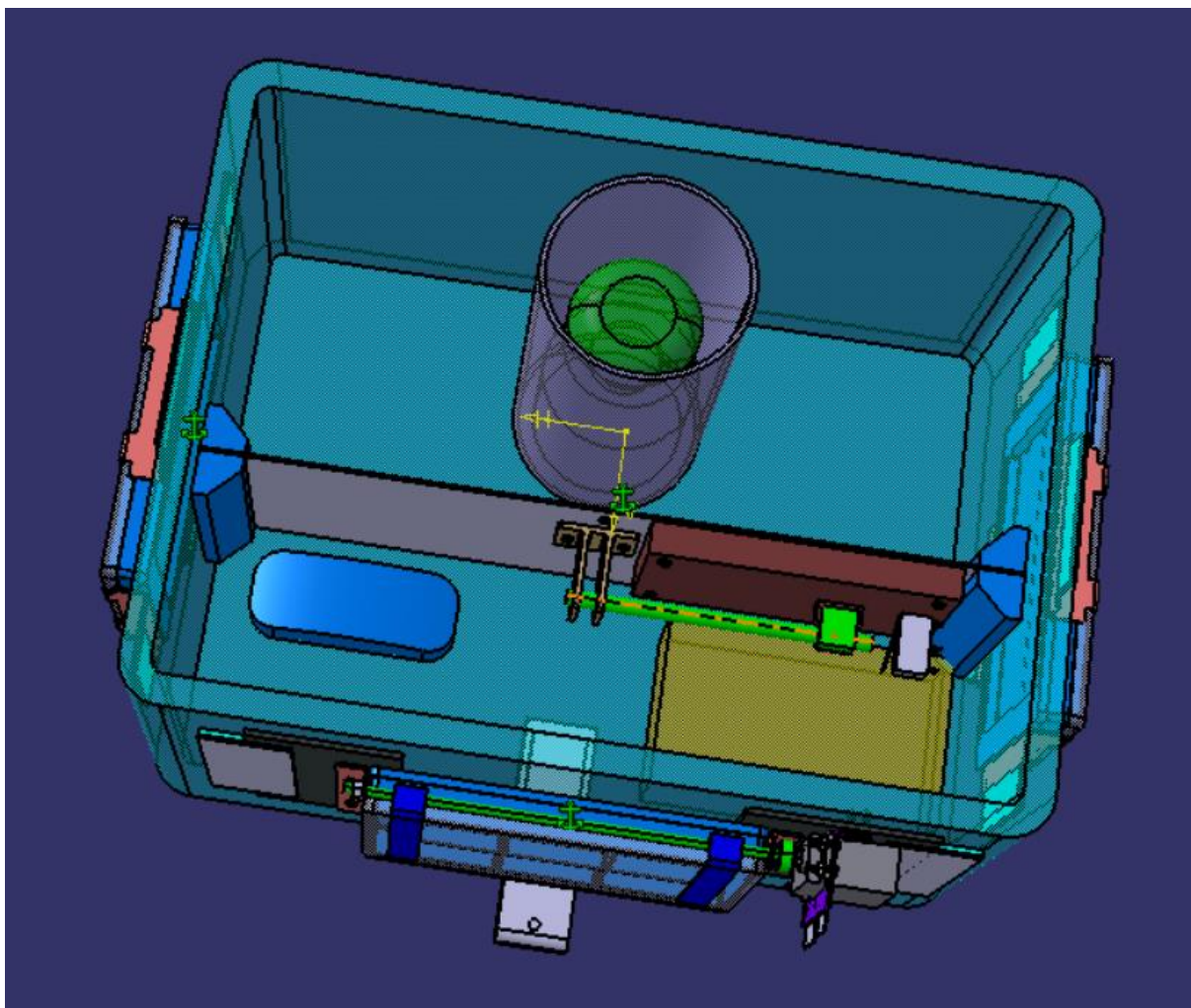
### Vnější část Kontejneru

Na desky z HIPS bude přišroubována otvíratelná krabička a servo STX 5. Pomocí suchého zipu pak bude tento celek připevněn na čelní stranu kontejneru. Na úchyt serva STX 5 bude připevněn senzor UV a senzor VIS. Na boční strany kontejneru bude připevněna uzavřená krabička a krabička stíněná alobalem. Budou opět připevněny pásky suchého zipu. Na spodek kontejneru pod otvíratelnou krabičkou bude suchým zipem upevněn flash disc pro zaznamenání průběhu expozice.

### 3.4 Umístění zařízení na kontejneru



Obrázek 38: Umístění zařízení na vnější části kontejneru.



Obrázek 39: Umístění zařízení ve vnitřní části kontejneru.

### 3.5 Provoz kontejneru

Po vypuštění kontejneru zavěšeného pod balonem začne výstup do stratosféry. Asi ve výšce 20km se pomocí tlakového senzoru spustí otevření krabičky servem STX 5. Krabička zůstane po dobu jedné hodiny v otevřené poloze, aby se zajistila expozice vzorků. Ostatní krabičky zůstanou zavřené. Všechna data se budou ukládat na úložiště dat arduina (tlak, teplota, data z UV senzoru a VIS senzoru). Kamera ve flash discu bude zapnutá už při startu, protože nahrávací doba bude stačit na celou dobu výstupu i expozice. Po uplynutí jedné hodiny od otevření víka krabičky se aktivuje lineární servo, které odpojí kontejner od balonu. Mikrospínač provede přerušování obvodu a zajištění serva v otevřené poloze. Pomocí šňůry připevněné k balonu se vytáhne výtažný padák, který bude držet kontejner ve stabilní poloze při pádu. Při klesnutí do hustší atmosféry výtažný padák vytáhne hlavní padákvna kterém se kontejner snese k zemi bezpečnou rychlostí. Signál z GPS umožní dohledání kontejneru v terénu. Data získaná při expozici bude možné stáhnout pomocí USB konektoru.

## 4. ZÁVĚR

Diplomová práce byla vypracovaná podle zadaných požadavků. Nejprve byla zpracovaná rešerše stávajících zařízení biologických stratosférických experimentů. Byly definovány vlastnosti pro experiment a expozici. Následně byl proveden koncepční návrh mechanické části kontejneru. Rovněž byla specifikována jednotlivá potřebná elektronická zařízení a jejich funkce během letu. Zejména s ohledem na specifické fyzikální vlastnosti stratosféry jako nízká teplota a tlak. Značný zřetel by brán na co nejnižší hmotnost. Materiál kontejneru byl zvolen z pěnového polystyrenu pro jeho nízkou hmotnost a také dobré izolační vlastnosti. Základní elektronika (GPS, senzory, čidla, baterie ) mají o něco vyšší hmotnost než byl původní požadavek. Ale byly vybrány s ohledem na cenovou dostupnost na komerčním trhu. V příloze je okótovaný výkres sestavení s hlavními rozměry a výrobní výkresy některých součástí pro uchycení krabiček experimentu a pro odpojení kontejneru od balonu po skončení expozice ve stratosféře.

## Seznam zdrojů

- [1] National Library of Medicine. Podmínky stratosféry inaktivují bakteriální endospory z montážního zařízení kosmické lodi Mars [online]. Astrologie [cit 2017-04-01]. Dostupné z <https://www.nasa.gov/ames/research/space-biosciences/e-mist-2015>
- [2] MARSBOx: Odolnost plísní a bakterií z analogové mise ve stratosféře s balónkem [online]. [cit 2021-02-22]. Dostupné z <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.601713/full>
- [3] Vesmírné expoziční platformy BIOPAN a EXPOSE ke studiu živých organismů ve vesmíru [online]. [cit 2006-01-01]. Dostupné z [https://www.researchgate.net/publication/234497755\\_The\\_space\\_exposure\\_platforms\\_BIOPAN\\_and\\_EXPOSE\\_to\\_study\\_living\\_organisms\\_in\\_space](https://www.researchgate.net/publication/234497755_The_space_exposure_platforms_BIOPAN_and_EXPOSE_to_study_living_organisms_in_space)
- [4] Žáci a studenti vypustí k hranicím s vesmírem balonovou sondu [online]. Novinky [cit 2002-04-11]. Dostupné z <https://www.novinky.cz/clanek/veda-skoly-zaci-a-studenti-vypusti-k-hranicim-s-vesmirem-balonovou-sondu-40393968>
- [5] psig senzor Tlakové senzory pro montáž na desku [online]. MOUSER ELECTRONICS. Dostupné z <https://www.mouser.ca/c/sensors/pressure-sensors/board-mount-pressure-sensors/?q=psig%20sensor>
- [6] Senzor UVB / UVA Záření ML8511 pro Arduino [online]. Dostupné z [https://dratek.cz/arduino/1327-senzor-uvb-uva-zareni-ml8511-pro-arduino.html?gclid=Cj0KCQjwidSWBhDdARIsAloTVb3pkPrrWuiXhstYp3LWaG7BtNC9zF7Pbi5A-m9v\\_\\_3uypcSBH5TDDwaAojBEALw\\_wcB](https://dratek.cz/arduino/1327-senzor-uvb-uva-zareni-ml8511-pro-arduino.html?gclid=Cj0KCQjwidSWBhDdARIsAloTVb3pkPrrWuiXhstYp3LWaG7BtNC9zF7Pbi5A-m9v__3uypcSBH5TDDwaAojBEALw_wcB)
- [7] Fermion - AS7341 11kanálový senzor viditelného světla - DFRobot SEN0365 [online]. Bottland. Dostupné z <https://botland.cz/svetelne-a-barevne-senzory/19201-fermion-as7341-11kanalovy-senzor-viditelneho-svetla-dfrobot-sen0365-5904422379353.html>
- [8] Esonic CAM-U7 - skrytá kamera ve flash disku [online]. Spyobchod. Dostupné z [https://www.spyobchod.cz/esonic-cam-u7-skryta-kamera-ve-flash-disku-e124041.htm?utm\\_source=seznam&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=4\\_REM\\_DYN-spyobchod&utm\\_content=Esonic+CAM-U7+-+skryta+kamera+ve+flash+disku&utm\\_term=](https://www.spyobchod.cz/esonic-cam-u7-skryta-kamera-ve-flash-disku-e124041.htm?utm_source=seznam&utm_medium=cpc&utm_campaign=4_REM_DYN-spyobchod&utm_content=Esonic+CAM-U7+-+skryta+kamera+ve+flash+disku&utm_term=)
- [9] Vodotěsný 4G GPS lokátor pro psy a kočky - TKSTAR + datová SIM zdarma. Signalprofi [online]. Dostupné z <https://www.signalprofi.cz/vodotesny-4g-gps-lokator-pro-psy-a-kocky-tkstar-datova-sim-zdarma#detail-anchor-description>
- [11] Arduino Nano R3, ATmega328P Klon, Připájené piny.Laskakit [online]. Dostupné z <https://www.laskakit.cz/arduino-nano-r3--atmega328p-klon--pripajene-piny/>
- [12] STX 5-kabelové (5pin) servo - plastové ozubení. Bighobby [online]. Dostupné z [https://www.bighobby.cz/corona-servo-sb3019--32g-0-06s-4kg--s-bus-/?gclid=Cj0KCQjwuKXhCRARIsAC-gM0gibwNcLKSPi\\_2X6O-9VZBOK78nfaw8HyNOhNJw5rCg2LM2c\\_Z9PnkaAmyCEALw\\_wcB](https://www.bighobby.cz/corona-servo-sb3019--32g-0-06s-4kg--s-bus-/?gclid=Cj0KCQjwuKXhCRARIsAC-gM0gibwNcLKSPi_2X6O-9VZBOK78nfaw8HyNOhNJw5rCg2LM2c_Z9PnkaAmyCEALw_wcB)
- [13] Spektrum servo H2040T 2.9g linear tail. Superrc [online]. Dostupné z <https://www.superrc.cz/spektrum-servo-h2040t-2-9g-linear->



tail/?gclid=Cj0KCQjw0oyYBhDGARIsAMZEUmsXRhf7Xigm77WSku8vyu\_ue7hP7Pjp9PIA2wigNCbcmfA3BoNA97UaAjubEALw\_wcB

[14] Mikropínač do DPS, 1pól, ON-(ON), výška 11,5mm s páčkou MSW-12 20mm. GMEELECTRONIC [online]. Dostupné z <https://www.gme.cz/p-b172b>

[15] Unipolární tranzistor, N kanál, SMD, 100V, 4,3A, 25W, TO252AA IRLR110PbF.GMEELECTRONIC [online]. Dostupné z <https://www.gme.cz/unipolarni-tranzistor-irlr110-to252>

[16] GEB-803040+ . Battex [online]. Dostupné z <https://www.battex.cz/geb-803040-x110360>

[17] Dostupné z: [https://www.laskakit.cz/nabijecka-boost-pro-usb-powerbank-5v/?gclid=CjwKCAjw6raYBhB7EiwABge5KvyMq5YKZwuwKWOnBM-SZuPIVqodbDpsZtxoVztVq2p\\_jFtaAXt8oBoCjrlQAvD\\_BwE](https://www.laskakit.cz/nabijecka-boost-pro-usb-powerbank-5v/?gclid=CjwKCAjw6raYBhB7EiwABge5KvyMq5YKZwuwKWOnBM-SZuPIVqodbDpsZtxoVztVq2p_jFtaAXt8oBoCjrlQAvD_BwE)

[18] Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/848-vodeodolny-teplomer-pro-jednodeskove-pocitace-ds18b20-1m.html>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Užitečné zatížení, namontované na vnější straně gondoly stratosférického balonu.....	-11-
Obrázek 2: Čelní pohled na užitečné zatížení E-MIST s odstraněným předním panelem.....	-12-
Obrázek 3: Model válců E-MIST.....	-12-
Obrázek 4: Distribuce spor Bacillus pumilus SAFR-032 na vzorkové destičce E-MIST.....	-13-
Obrázek 5: Snímek z vrcholu užitečného zatížení MARSBOX a Trex-Box ve stratosféře během let...-	15-
Obrázek 6: Model s označením užitečného zatížení MARSBOX.....	-16-
Obrázek 7: Příprava vzorku Trex-Box.....	-17-
Obrázek 8: Snímky spor Aspergillus niger.....	-18-
Obrázek 9: Dráha letu balónu s MARSBOX.....	-19-
Obrázek 10: BIOPAN otevřený během letu. Aby vystavil experimenty prostředí vesmíru.....	-20-
Obrázek 11: Hardware experimentu "SURVIVAL" umístěný uvnitř zařízení BIOPAN. ....	-21-
Obrázek 12: Umístění BIOPANU na povrchu kaple FOTON.....	-21-
Obrázek 13: Umístění EXPOSE na ISS.....	-22-
Obrázek 14: EXPOSE je vybavena třemi tácy pro různé biologické vzorky.....	-22-
Obrázek 15: Umístění užitečného zatížení na boxu.....	-23-
Obrázek 16: Letový profil projektu Stratobox.....	-23-
Obrázek 17: Typy expozice destiček.....	-24-
Obrázek 18: Servo STX 5.....	-25-
Obrázek 19: Servo STX 5 s hlavními a přípojovacími rozměry.....	-25-
Obrázek 20: Vybavení krabičky úchyty a panty pro otevření.....	-26-
Obrázek 21: Ustavení serva STX 5 ke krabičce.....	-26-
Obrázek 22: Flash discu ESONIC CAM -7.....	-27-
Obrázek 23: Umístění flash discu na kontejneru pod krabičku.....	-28-
Obrázek 24: Voděodolný teploměr pro jednodeskové počítače DS18B20.....	-29-
Obrázek 25: Senzor UVB/UV záření ML8511.....	-30-
Obrázek 26: Senzor VIS světla.....	-30-
Obrázek 27: Čidlo tlaku.....	-31-
Obrázek 28: GPS Lokátor TKSTAR.....	-33-
Obrázek 29: Arduino Nano R3, ATmega328P Klon.....	-34-
Obrázek 30: Nabíječka + boost pro USB Powerbank 5V.....	-35-
Obrázek 31: Baterie GEB-803040+.....	-36-
Obrázek 32: Servo H2040T 2,9g.....	-37-
Obrázek 33: Zařízení odpojení boxu pomocí lineárního serva.....	-37-
Obrázek 34: Mikrospínač s hlavními rozměry.....	-38-
Obrázek 35: Unipolární tranzistor.....	-39-
Obrázek 36: Označení pinů na unipolárním tranzistoru.....	-39-
Obrázek 37: Umístění hlavního a výtažného padáku v boxu.....	-41-
Obrázek 38: Umístění zařízení na vnější části kontejneru.....	-42-
Obrázek 39: Umístění zařízení ve vnitřní části kontejneru .....	-43-

## Seznam tabulek

Tabulka č.1: Hmotnost elektronických zařízení.....	-41-
Tabulka č.2: Hmotnost mechanických částí.....	-42-
Tabulka č.3: Hmotnost krabiček s agarem.....	-42-
Tabulka č.4: Hmotnost návratového zařízení.....	-42-
Tabulka č.5: Hmotnost kontejneru.....	-42-

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Sestava ceková

Příloha 2: Úchyt krabičky

Příloha 3: Úchyt serva

Příloha 4: Střední díl odpojení hřídele

D

C

B

A

4

4

0.5 x 45°

3 x R1

3

∅ 3.2

9

90

13

R1.5

11

1

3

3

5

20

40

2 x ∅ 3

0.5 x 45°

2

2

90

22.18

1

1

Rozvin  
Scale: 1:1

Uchyt krabicky

DRAWING TITLE

Uchyt krabicky

DRAWN BY  
Svoboda L.

DATE  
07.09.2022

CHECKED BY  
XXX

DATE  
xxx

DESIGNED BY  
Svoboda L.

DATE  
xxx

SIZE  
A4

DRAWING NUMBER  
01

REV  
0

SCALE  
1:1

WEIGHT  
4,3 g

SHEET  
1/1

D

A

D C B A

4

3

2

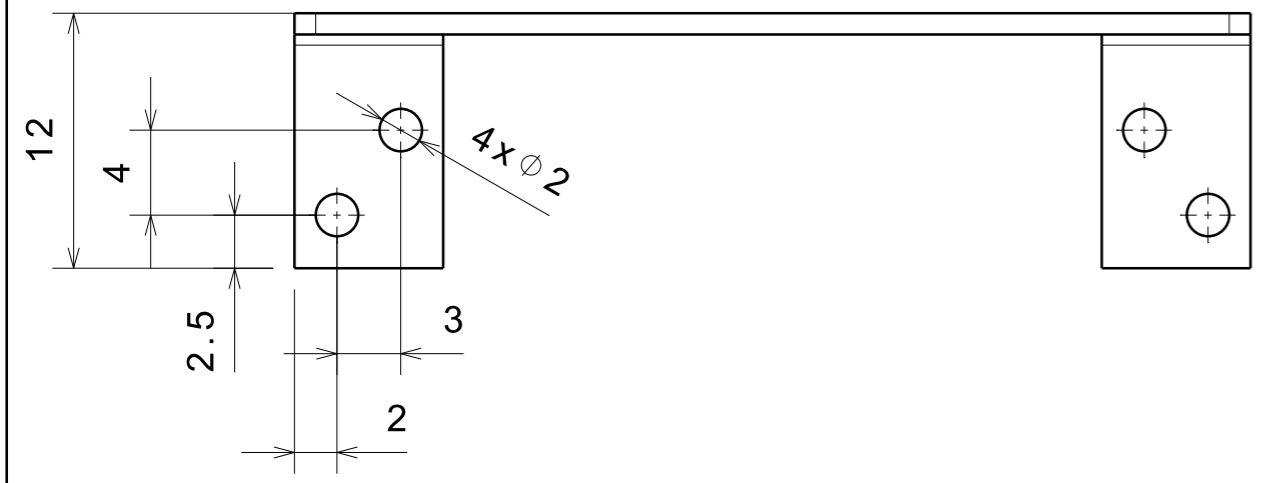
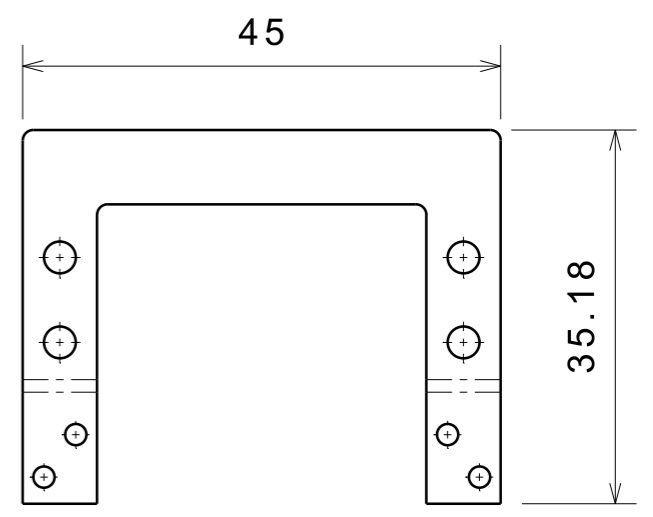
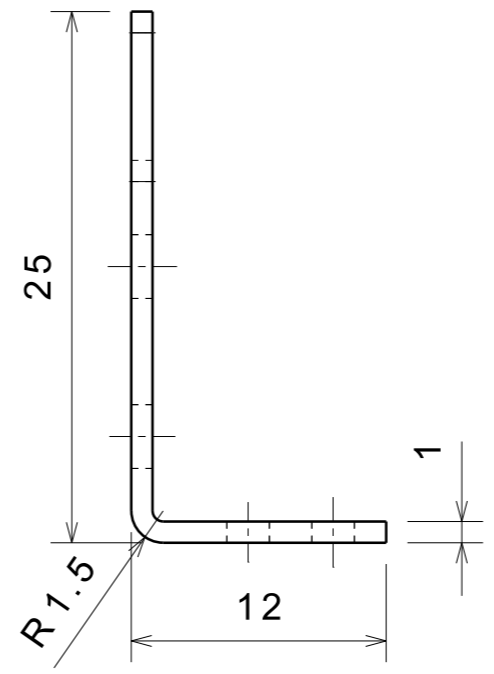
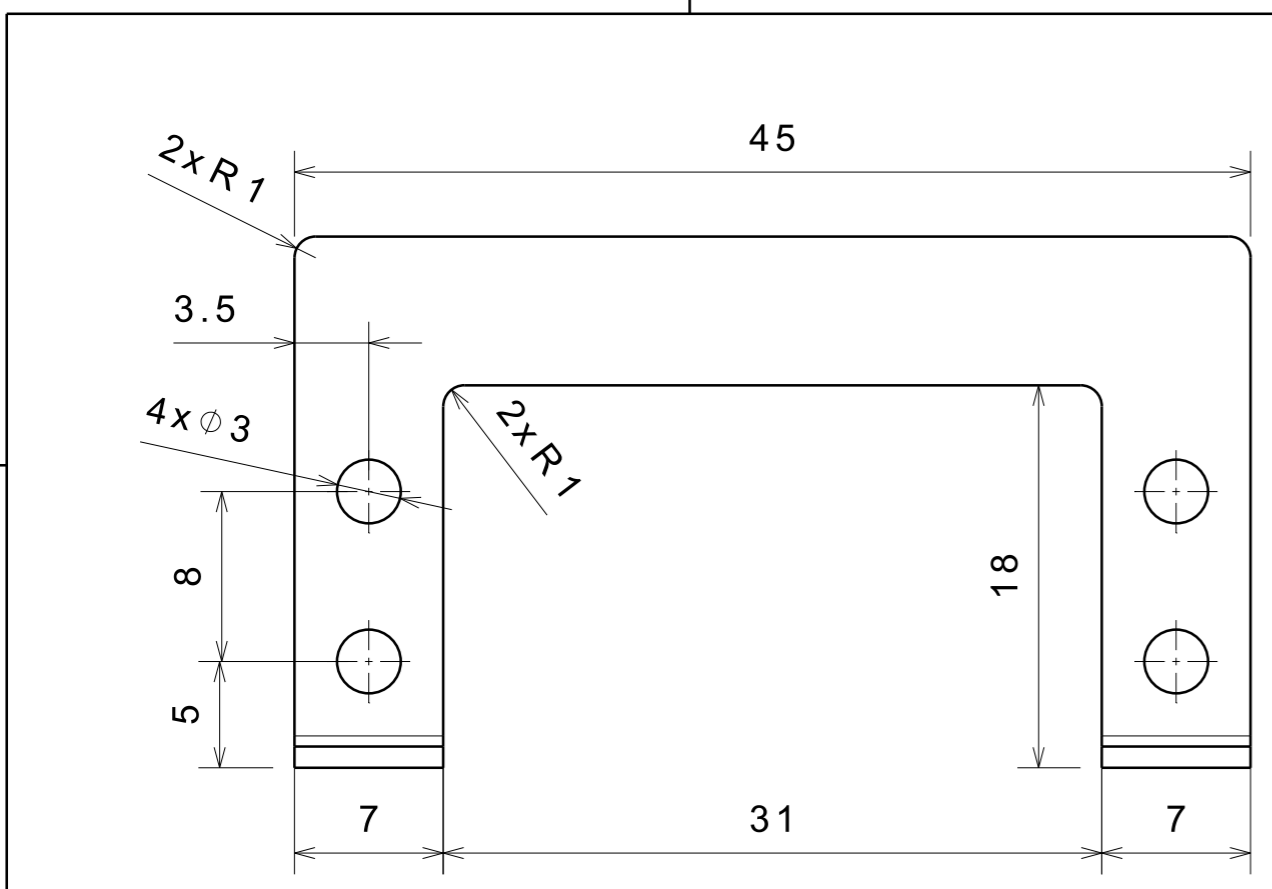
1

4

3

2

1



		<b>Uchyt serva</b>			
		DRAWING TITLE			
		<b>Uchyt krabicky</b>			
DRAWN BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER	REV	
<b>Svoboda L.</b>	07.09.2022	<b>A4</b>	<b>02</b>	<b>0</b>	
CHECKED BY	DATE	SCALE	WEIGHT	SHEET	
<b>XXX</b>	xxx	1:1	1.82 g	1/1	
DESIGNED BY	DATE				
<b>Svoboda L.</b>	xxx				

D A

D C B A

4

4

3

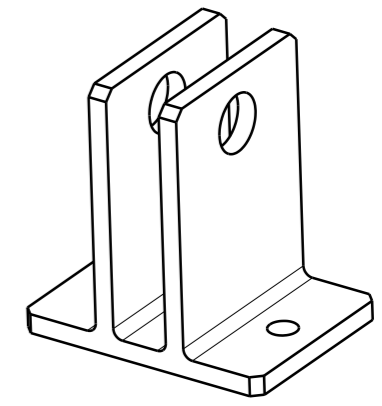
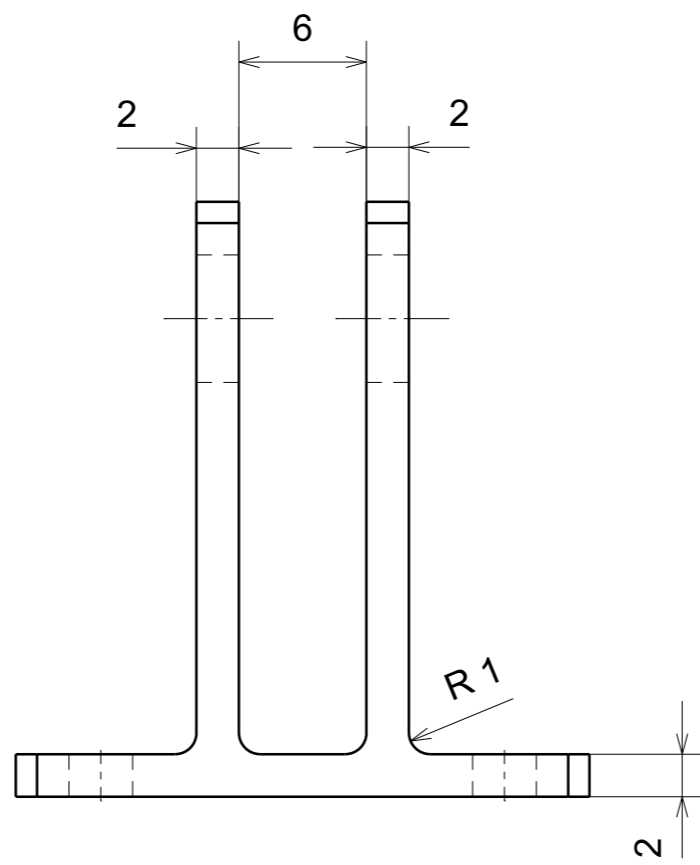
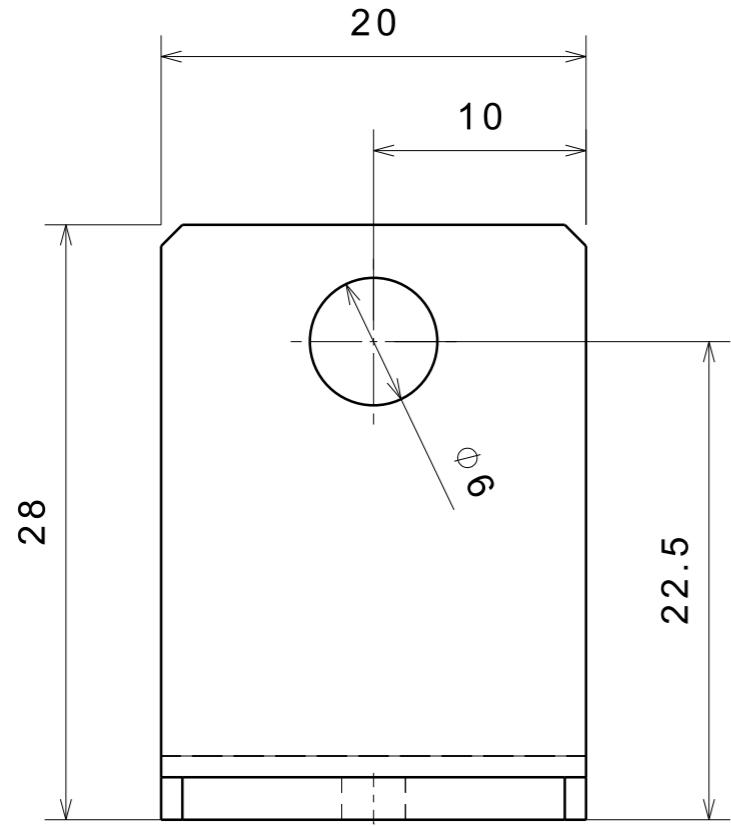
3

2

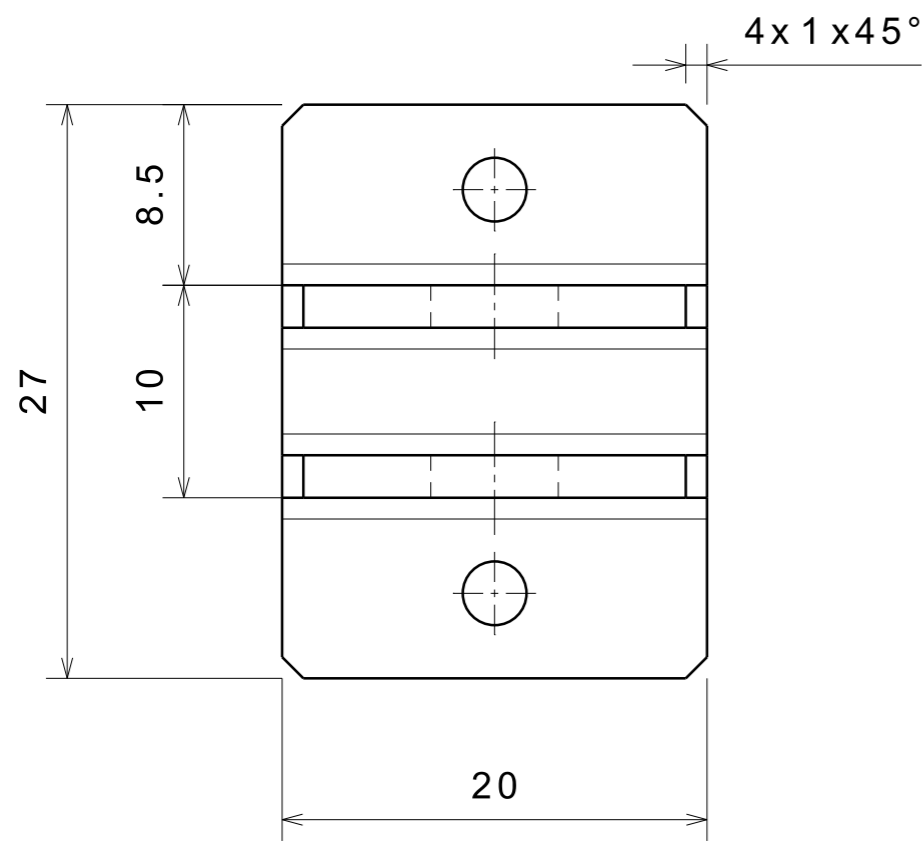
2

1

1



Isometric view  
Scale: 1:1



### Stredni dil odpojani hridele

DRAWING TITLE		Stredni dil odpojani hridele		
DRAWN BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER	REV
Svoboda L.	07.09.2022	A3	03	0
CHECKED BY	DATE	SCALE	WEIGHT	SHEET
XXX	xxx	1:1	8.2 g	1/1
DESIGNED BY	DATE			
Svoboda L.	xxx			

D

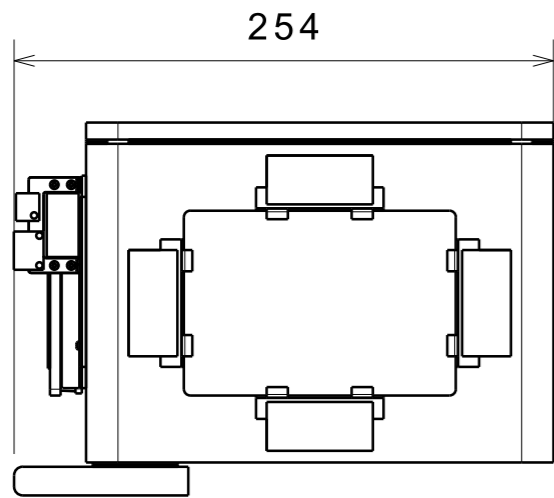
A

D

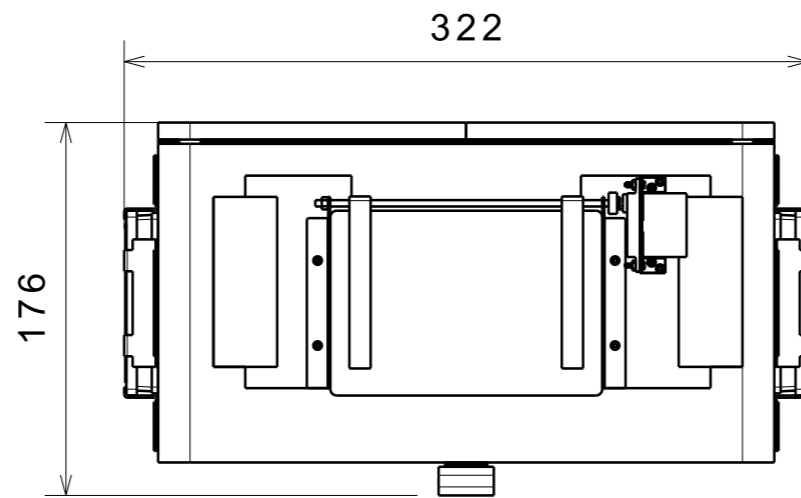
C

B

A

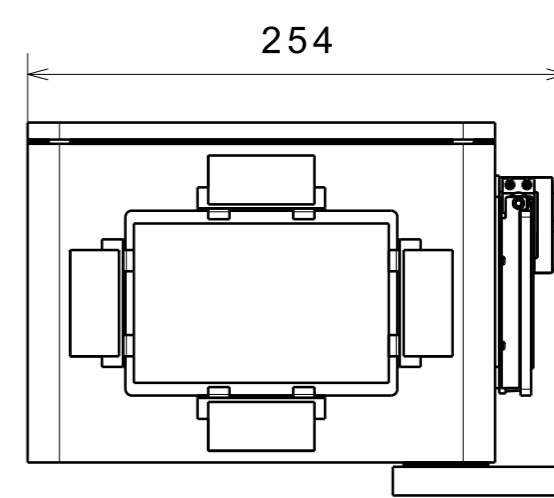


254



322

176



254

4

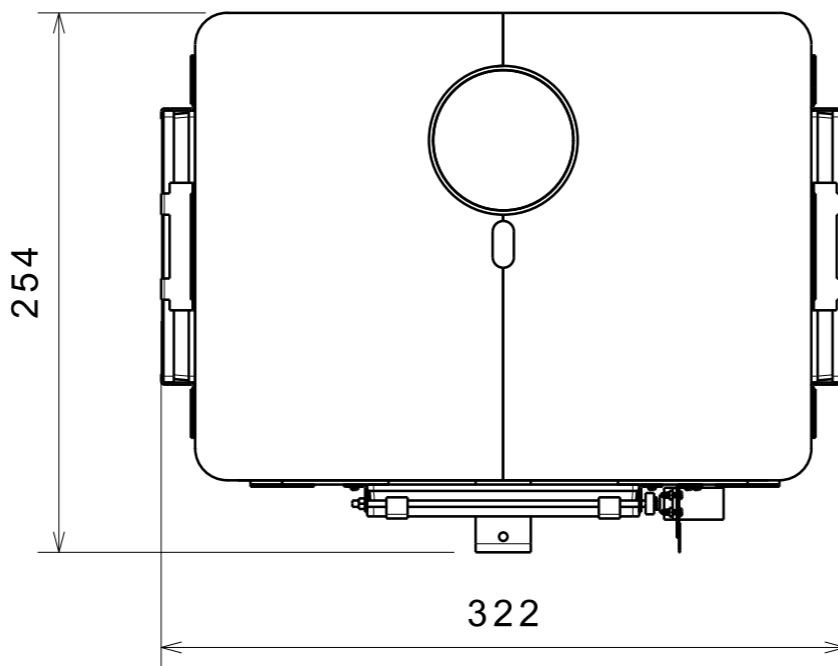
4

3

3

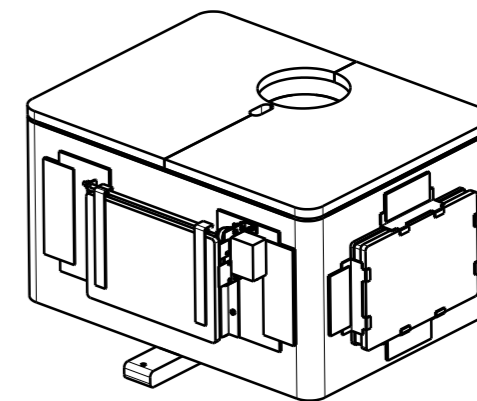
2

2



254

322



Isometric view  
Scale: 1:8

1

1

### Sestava Celkova

DRAWING TITLE

Sestava Celkova

DRAWN BY  
Svoboda L.

DATE  
07.09.2022

CHECKED BY  
XXX

DATE  
xxx

DESIGNED BY  
Svoboda L.

DATE  
xxx

SIZE  
A3

DRAWING NUMBER  
00

REV  
0

SCALE

1:1

WEIGHT(kg)

XXX

SHEET

1/1

D

A