



**ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA**  
CanSat 2019

Duben 2019

# GJN

---

## Aerospace

Gebauer Jiří

Masák Jan

Šemík Martin

Umlauf Karel

Vávra Jakub

Zikmund Ondřej

## Poděkování

Je naší milou povinností na tomto místě poděkovat našim skvělým mentorům, kterými byli Vojtěch Suk a Vojtěch Štěpančík, za jejich pomoc zejména při hledání nových užitečných kontaktů a za to, že nám tlumočili jejich zkušenosti z předešlých ročníků soutěže CanSat. Musíme také poděkovat matce Jiřího Gebauera a babičce Ondry Zikmunda za velikou pomoc s šitím našich padáků. Naše poděkování míří i naší škole, Gymnáziu Jana Nerudy, která nám vycházela vždy vstříc, a to nejen finančně, ale mimo jiné nám poskytovala útočiště během našich schůzek. A samozřejmě děkujeme všem, kteří se zajímali o náš projekt, jak prostřednictvím sociálních sítí, tak i těm, kteří nás navštívili na různých akcích a těm, kteří nám vyslovili svou podporu.

## Prohlášení

Prohlašujeme, že jsme projekt vypracovali samostatně bez přímé účasti mentorů a jiných osob, které nebyly členy týmu GJN Aerospace. Mentoři plnili jen a pouze roli konzultační.

## Abstrakt

Cílem účasti na soutěži CanSat bylo navrhnutí a zkonstruování sondy vybavené několika senzory, které sledují teplotu a tlak v okolí sondy. Tato data se odesílají v daném intervalu do pozemní stanice. Celý pád bude patřičně zdokumentován. Zpětně budou data využita k vytvoření 3D trackingu sestupu CanSatu. Maximální cena, váha i rozměry sondy byly předem stanoveny pravidly soutěže. Náš tým se rozhodl nahradit klasický padák říditelným padákem typu křídlo, avšak z důvodu nedostatku času, zkušeností a nedostatečné vyzkoušenosti ovládacího mechanismu není u současné verze CanSatu padák plně říditelný, avšak CanSat nese veškeré zařízení potřebné ke zprovoznění tohoto systému. K dispozici máme také "klasický" padák, který je méně náchylný k chybám a může být použit jako náhrada. Tým GJN Aerospace se velkou měrou zaměřil na komunikaci jak s potenciálními příznivci soutěže CanSat, tak i s laickou veřejností, a to pomocí srozumitelné prezentace na sociálních sítích i webu.

## Obsah

Poděkování.....	3
Prohlášení.....	4
Abstrakt.....	5
Obsah.....	6
<b>Kapitola 1.....</b>	<b>8</b>
Úvod.....	8
<b>Kapitola 2.....</b>	<b>9</b>
Požadavky soutěže.....	9
<b>Kapitola 3.....</b>	<b>11</b>
Mise.....	11
3.1 - Primární.....	11
3.2 - Sekundární.....	11
3.2.1 - Použití GPS.....	11
3.2.2 - Použití akcelerometru.....	11
3.2.3 - Použití videozáznamu.....	12
3.3 - Semifinále.....	12
<b>Kapitola 4.....</b>	<b>13</b>
Týmová práce.....	13
4.1. - Role členů týmu.....	13
4.2. - Schůzky.....	13
4.3. - Interní komunikace.....	13
4.4. - Shrnutí kapitoly.....	14
<b>Kapitola 5.....</b>	<b>15</b>
Propagace.....	15
5.1 - Grafika.....	15
5.2 - Sociální sítě.....	15
5.2.1 - Facebook.....	15
5.2.2 - Instagram.....	16
5.3 - Internetové stránky.....	16
5.4 - Ostatní propagace.....	16
5.5 - Shrnutí kapitoly.....	16
<b>Kapitola 6.....</b>	<b>18</b>
Návrh a výroba sondy.....	18
6.1 - Prozatímní CanSat.....	18
6.2 - Obal.....	18
6.3 - Přístroje.....	19

6.4 - Přistávací systém.....	19
6.4.1 - Kruhový padák.....	20
6.4.2 - Padák říditelný.....	20
6.4.2.1 - Výpočty plochy padáku.....	21
6.5 - Komunikace.....	21
<b>Kapitola 7.....</b>	<b>23</b>
Závěr.....	23
7.1. - Shrnutí projektu.....	23
7.2 - Rozpočet.....	23
Zdroje a odkazy.....	24

### Kapitola 1 ÚVOD

Soutěž CanSat v Evropě zastřešuje Evropská kosmická agentura (ESA). Celoevropskému kolu, které se letos koná v italské Bologni, předchází právě národní kola v každé jednotlivé zemi, ta jsou pod záštitou kanceláří ESERO. A právě toto kolo nás dělí od reprezentace naší české kotlinky mezi ostatními evropskými zeměmi.



Náš tým vznikl v rámci studentského sdružení GJN Aerospace, jež sdružuje studenty se společným zájmem o vědu a techniku. Náš tým a sestává ze šesti členů od 2. do 5. ročníku Gymnázia Jana Nerudy v Praze. Do soutěže jdeme poprvé a za mentory máme bývalého účastníka soutěže Vojtěcha Štepančíka a jejich mentora, Vojtěcha Suka, bývalý student ČVUT z klubu Silicon Hill. Právě pod jejich dozorem se nám povedlo překonat čtyřměsíční zpoždění v dodání CanSat kitu. V té době nám nezbývalo nic jiného než se pořádně připravit na semifinále, kde se nám i přes technické nedostatky podařilo probojovat až do národního finále.



*Kapitola 2***Požadavky soutěže**

Níže je vypsáno jedenáct kritérií, které CanSat musí splňovat. Tato kritéria jsou součástí propozice národního kola soutěže CanSat. Tyto body se samozřejmě silně odrážejí v našem projektu.

- 1.** Všechny komponenty CanSatu se musejí vejít do válce (plechovky) o výšce 115 mm a průměru 66 mm. Výjimku tvoří padák, radiová anténa pro přenos dat a GPS anténa. Tyto antény mohou být, dle navržení celého CanSatu, umístěny na vrchní či spodní straně CanSatu. V průběhu vzletu není dovoleno překročit tyto rozměry (v průběhu sestupu je možné vysunutí měřicí sondy, přistávacího mechanismu atp.).
- 2.** Váha CanSatu se musí pohybovat v rozmezí 300–350 g a to včetně padáku. CanSaty, které nedosahují minimální váhy, musí být zatíženy závažím, aby dané váhy dosáhly.
- 3.** Použití výbušnin, pyrotechniky, hořlavín či jiných nebezpečných látek je zakázáno. Všechny použité materiály musejí být bezpečné pro osoby s ním manipulující, okolní zařízení i životní prostředí. V případě nejasnosti jsou soutěžící povinni prokázat nezávadnost použitých materiálů.
- 4.** CanSat musí být napájen s pomocí akumulátoru a/nebo solárních panelů. Minimální pohotovostní doba provozu je stanovena na 4 hodiny (po celou tuto dobu CanSat provádí měření a odesílá data). Baterie musí být v CanSatu snadno vyjmutelná pro případ kontroly či výměny.
- 5.** CanSat musí být možné vypnout pomocí snadno přístupného vypínače.
- 6.** CanSat musí být vybaven zařízením pro snadné nalezení – GPS modul, akustická signalizace. Ze zkušenosti z předchozích ročníků doporučujeme údaje o GPS poloze odesílat s pomocí telemetrie – usnadní to nalezení ztraceného CanSatu.
- 7.** CanSat musí být vybaven padákem či jiným systémem, který umožní jeho bezpečný sestup a zabrání jeho zničení. Pro padák se doporučuje používat pestré barvy, díky kterým bude CanSat snáze k nalezení po přistání. Systém připevnění padáku musí vydržet zatížení minimálně 1000 N. Rychlost sestupu CanSatu s pomocí padáku či jiného zařízení se musí pohybovat v rozmezí 6–12 m/s. Pevnost a funkčnost padáku je třeba otestovat ještě před CanSat finále. Doložení funkčnosti padáku musí být součástí Závěrečné zprávy.
- 8.** Celková cena použitých komponent pro sestavování CanSatu nesmí přesáhnout částku 10 000 Kč. Do této částky se započítávají pouze komponenty, které jsou použity přímo v CanSatu (nezapočítává se např. cena antény pozemní stanice atp.). Do rozpočtu se započítávají i součástky, které tým obdržel v rámci sponzorství či daru od jiných subjektů (např. kit od ESERO kanceláře). Při překročení

maximální povolené částky bude tým penalizován dle pravidel popsaných v další sekci.

**9.** Data primární mise musejí být odesílána s pomocí telemetrie minimálně 1x za sekundu do pozemní stanice. Ostatní data není nutné odesílat telemetricky do pozemní stanice (možno ukládat na SD kartu). Pokud tým využívá SD kartu, je možno při ukládání dat využívat jinou frekvenci.

**10.** Z CanSatu se po přistání či ve velmi malé výšce nad zemí (do 2 m) mohou oddělit další zařízení – měřicí sonda, rover atd.

**11.** Na CanSatu musí být umístěno zařízení pro připevnění do rakety/dronu (dodá pořadatel).

## Kapitola 3

## MISE

Cílem soutěže je výroba malé sondy, která pro soutěžící zastupuje reálnou kosmickou sondu. Sonda musí mít velikost plechovky. Soutěžící naučí práci s elektrotechnikou, získají zkušenosti s prací v týmu.

### 3.1 Primární mise

Primární misi nebo také primárním cílem je během sestupu/pádu sondy měřit sondou různé veličiny. Mezi ty patří teplota vzduchu a atmosférický tlak. Tato data musí být minimálně jednou za sekundu odesílána do pozemní stanice, kde budou ukládány k pozdější interpretaci během závěrečných prezentací (např. určit výšku na základě tlaku, či dát do souvislosti teplotu a nadmořskou výšku).

### 3.2 Sekundární mise

Naší sekundární misí je 3D tracking sestupu sondy. To znamená, že během pádu budeme CanSat mapovat a určovat jeho polohu, v prostoru nebo vzhledem k jiným objektům. Dále popisujeme tři možné způsoby, jak 3D tracking provést.

#### 3.2.1 Použití GPS

Pomocí GPS jsme chtěli sbírat data o poloze. Ty pak zanást do tříosého grafu, kde by byla vidět trajektorie sestupu CanSatu.

Data jsme původně plánovali zpracovávat přímo v CanSatu a následně pomocí nich řídit sestup sondy. Pomocí odchylky souřadnic sondy od souřadnic požadovaného místa dopadu by algoritmus uvnitř sondy zjistil, zda má odbočit doleva, či doprava. Poté jsme zvažovali, že v CanSatu bude kód, který by zanesl CanSat na místo na Zemi, které je přímo pod bodem vypuštění, ale kód by nepočítal s vnějšími vlivy (např. vítr). Bylo by to jednodušší.

Pokud by byl sestup neřízený, pak by hlavním účelem sběru dat z GPS byl 3D tracking sestupu. Pomocí rekonstrukce dráhy satelitu, bychom po porovnání s údaji z akcelerometru mohli zjistit například směr, nebo sílu větru.

#### 3.2.2 Pomocí akcelerometru

Údaje z akcelerometru naší sondy mohou být použity pro analýzu jejího pohybu v prostoru. Díky zmíněným datům můžeme mít každých zhruba 0,5 s údaje o zrychlení ve směru osy x, y a z. Znalost časových rozmezí nám poté umožní na základě jednotlivých hodnot zrychlení v dílčích směrech spočítat i rychlost a uraženou vzdálenost podle jednotlivých tří os kartézského souřadnicového systému (reprezentujícího náš prostor).

Za tímto účelem jsme vytvořili následující tabulku:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4	Píseň kosmická (GJN Aerospace)- Kinematika pádi												
5	Do sloupce pro zrychlení se budou v zadaných intervalech vkládat data o zrychlení naší sondy změřená akcelerometrem.												
6													38051,4
7													
8		0,5	9,81		0,5	4,905		0,5	1,22625				
9		1	9,81		1	9,81		1	4,905				
10		1,5	9,81		1,5	14,715		1,5	11,0825				
11		2	9,81		2	19,62		2	19,62				
12		2,5	9,81		2,5	24,525		2,5	30,6525				
13		3	9,81		3	29,43		3	44,145				
14		3,5	9,81		3,5	34,335		3,5	60,0825				
15		4	9,81		4	39,24		4	78,48				
16		4,5	9,81		4,5	44,145		4,5	99,32625				
17		5	9,81		5	49,05		5	122,625				
18		5,5	9,81		5,5	53,955		5,5	148,37025				
19		6	9,81		6	58,96		6	175,58				
20		6,5	9,81		6,5	63,785		6,5	207,23625				
21		7	9,81		7	68,67		7	240,345				
22		7,5	9,81		7,5	73,575		7,5	275,00825				
23		8	9,81		8	78,48		8	313,92				
24		8,5	0		8,5	78,48		8,5	355,16				
25		9	0		9	78,48		9	399,4				
26		9,5	0		9,5	78,48		9,5	437,64				
27		10	0		10	78,48		10	479,88				
28		10,5	0		10,5	78,48		10,5	519,12				
29		11	0		11	78,48		11	549,36				

Zrychlení byla do tabulky vkládána manuálně. Rychlost po uplynutí prvního intervalu byla spočítána na základě vztahu:  $v = a \cdot t$ , kde  $a$  je zrychlení a  $t$  je doba trvání prvního intervalu.

Rychlost v každém následujícím bodě poté byla rovna součtu konečné rychlosti z předchozího intervalu a přírůstku z posledního intervalu, která byla stále počítána zmíněným vztahem.

Vzdálenost se počítala stejným způsobem jako rychlost, až na to, že přírůstek vzdálenosti byl počítán jinak. Pokud bychom například chtěli znát, o kolik se sonda posunula daným směrem mezi body 1 a 2, výsledek by byl tento:  $s = t \cdot (v_1 + v_2) / 2$

Je zde totiž třeba brát v úvahu průměrnou rychlost mezi dvěma krajními body pro odhadnutí jedné hodnoty rychlosti mezi dvěma hranicemi. Z tohoto je také zřejmé, že přesnost našich výpočtů je omezena frekvencí získávání informací od akcelerometru. Čím delší byly prodlevy, tím panuje větší nejistota a nepřesnost při počítání rychlosti.

Celková uražená vzdálenost podle jednotlivých os může být porovnána s údaji z GPS a rovněž můžeme spočítat i procentuální odchylku. Tyto údaje následně posloužily při 3D trackingu pádu sondy.

### 3.2.3 Videozáznam

Pro 3D tracking/mapování sestupu lze samozřejmě také použít kamery. Ty přesně zachytí, kde se sonda v prostoru nachází a také nám můžou ukázat stav sondy. Pro zpřesnění určení polohy je lepší pořizovat záznam z více kamer zároveň. Palubní kamera směřující dolů také přispívá ke zlepšení vědomí o poloze sondy.

Videozáznam lze také dobře použít i pro PR mise. Možností je také živě přenášet záznam na sociální sítě, ale tato možnost je náročná na internetovém připojení a na výkon zařízení, které video přenáší.

## 3.3 Semifinále

Na semifinále, kde náš tým nebyl kompletní (chyběl nám Jan Masák), to nejprve vypadalo, že do finále nepostoupíme. Stále nám totiž chyběl CanSat kit, byli jsme hodnoceni pouze za semifinálovou prezentaci našeho týmu, kterou můžete najít zaznamenanou na našem Facebooku. Nakonec jsme se však s odřenýma ušima probojovali do národního finále na nelákavém 11. místě.

### Kapitola 4

## TÝMOVÁ PRÁCE

Pro to aby vůbec mohl vzniknout náš CanSat bylo zapotřebí v první řadě zajistit dobrou týmovou spolupráci, protože bez ní by se nám nikdy nepodařilo celý tento projekt uskutečnit. Pro dobře fungující týmovou spolupráci bylo nutné provést sérii několika důležitých kroků.

### 4.1. Role členů týmu

Ke správnému fungování týmu bylo důležité vybrat členy týmu a rozdělit jim role. Členové se přihlásili dobrovolně, a tudíž nehrozilo, že by někdo bojkotoval naší práci. Každý si vybral práci v tom oboru, který ho zajímá. Konkrétně Jakub Vávra pracoval na konstrukci hardwaru a z titulu zakladatele našeho studentského sdružení GJN Aerospace byl dosazen do funkce formálního vedoucího. Ondřej Zikmund prováděl spolu s Jiřím Gebauerem fyzikální teoretické výpočty a zejména pracovali na konstrukci našeho padáku typu křídlo. Jan Masák se staral o software našeho CanSatu i pozemní stanice. Martin Šemík měl na starost PR projektu a Karel Umlauf spravoval naše finance.

### 4.2. Schůzky

Již od začátku nám bylo jasné, že pokud chceme něco udělat, bude třeba stanovit si režim schůzek, na kterých bychom se mohli vzájemně informovat o postupu prací a na kterých bychom si přidělovali další úkoly. První schůzka proběhla v „Bastlárně“ na strahovských kolejích za účasti našich mentorů, jmenovitě Vojtěcha Suka, Vojtěcha Štěpančíka a také bývalého účastníka soutěže Jakuba Boháčka a Petra Rambouska. Další schůzky se poté konaly pravidelně každou středu od 15:20 v suterénu našeho gymnázia. S hrdostí musíme prohlásit, že tyto pravidelné schůzky byly zrušeny jen asi třikrát a to z důvodu naší absolutní vytíženosti našimi francouzskými korespondenty. Mimo tyto schůzky se konaly i minischůzky (např. o velké přestávce) a to kdykoliv dle potřeby a navíc díky tomu, že navštěvujeme stejnou školu, jsme se mohli téměř kdykoliv setkat a probrat to co zrovna bylo třeba. Nevýhodou je samozřejmě to, že (až na pár jedinců) nechodíme do stejné třídy. To nám ještě více snižuje naši časovou flexibilitu.

### 4.3. Interní komunikace

Dalším zásadním pilířem týmové spolupráce. Tím je interní komunikace v týmu. K ní jsme používali dvě platformy a to Messenger, ten byl určen pro psanou komunikaci a i komunikaci neformální, a poté Slack, který



Loga dvou našich hlavních komunikačních kanálů

soužil ke sdílení souborů a ke komunikaci s našimi mentory. Naše úsilí na našem CanSatu bylo vytyčeno dvěma daty a to 29. 1., kdy se konalo semifinále a 25. až 26. 4. 2019 kdy se koná finále CanSatu. Avšak naše

plány byly soustavně haceny absencí CanSat kitu, který nám byl po nesčetných urgencích dodán s čtyřměsíčním zpožděním až 26. 2. 2019 tudíž až po semifinále.

#### 4.4. Shrnutí kapitoly

Bez týmové spolupráce by náš CanSat nemohl nikdy vzniknout, to je jisté a proto bylo zapotřebí podniknout několik důležitých kroků k dobře fungující týmové spolupráci. Zaprvé bylo třeba vybrat správné členy týmu, zkrátka jen ty, kteří se o danou problematiku opravdu zajímají, rozdělit si role na práci na našem projektu tak, aby každý dělal to, co ho baví, určit si termíny schůzek tak, aby byly pokud možno vždy ve stejný čas na stejném místě a určit jednotný kanál pro interní komunikaci mezi členy týmu. Zpětně musíme konstatovat, že se nám tato opatření povedlo aplikovat a díky nim byla naše spolupráce bezproblémová.

### Kapitola 5

## PROPAGACE

V dnešní době se již bohužel stává smutnou praxí, že marketing produktu je důležitější než jeho praktičnost a funkčnost a kvůli tomu si lidé kupují produkty, které nikdy použijí a v soutěžích často vyhrávají projekty, které vlastně nic nového nepřinášejí. Téměř by se chtělo říci, že jsou jen prosto pouhými kopiemi, ale díky tomu, že za nimi stojí tým dobrých marketérů, který si k těmto produktům více méně vymyslí jakýsi pseudopříběh, zcela vytržený z reality, vyhrávají. My jsme však chtěli jít jinou cestou, chtěli jsme vytvořit funkční přístroj, který bude mít jediný účel a to otestovat naše technická řešení, ze kterých se bude v budoucnu dát čerpat. Propagace našeho CanSatu probíhala na více frontách a to jak přes internet tak i účastí na různých akcích.

### 5.1 Grafika

Logo GJN Aerospace je inspirováno logy kosmických agentur, kde se většinou vyskytuje "šipka" mířící vzhůru, symbolizuje to, kam agentura směřuje - do vesmíru (např. NASA, Roskosmos, CNES, CNSA, Jaxa, ISRO, atd.)



Loga různých kosmických agentur a logo naše

Právě s tímto prvkem jsme propojili zkratku názvu našeho gymnázia "GJN". Nápis GJN je doplněn o druhou část názvu našeho týmu, tím je nápis Aerospace, který je psán fontem *Rockwell*. I to má svou symboliku, protože firma Rockwell International se angažovala ve vesmírných programech. Například vyrobila americký raketoplán/Space Shuttle nebo kosmickou loď Apollo (tu vyrobila, když se ještě jmenovala North American Aviation). A máme tu logo vystihující GJN Aerospace.

Ovšem texty jsou většinou psány fontem *NotesEsa*, který je k dispozici ke stažení na stránkách Evropské kosmické agentury.

### 5.2 Sociální sítě

Hlavním pilířem naší komunikace s okolím a propagace našeho projektu jsou sociální sítě, jmenovitě Facebook a Instagram. Je to z jednoduchého důvodu, účet na sociálních má již třetina obyvatel Zeměkoule a proto je více než žádoucí mít na těchto sociálních sítích svůj profil.

#### 5.2.1 Facebook

Nejdůležitějším kanálem pro komunikaci s našimi fanoušky a kanálem pro oslovování všech potenciálních zájemců se u nás stal Facebook. Účet na této sociální síti byl založen jako náš první komunikační kanál a naleznete na něm pravidelné zprávy o dění na našich pravidelných schůzkách, ale také zprávy o vývoji našeho samotného fyzického CanSatu anebo zprávy o naší účasti na různých tematických akcích. Snažíme se, aby naše

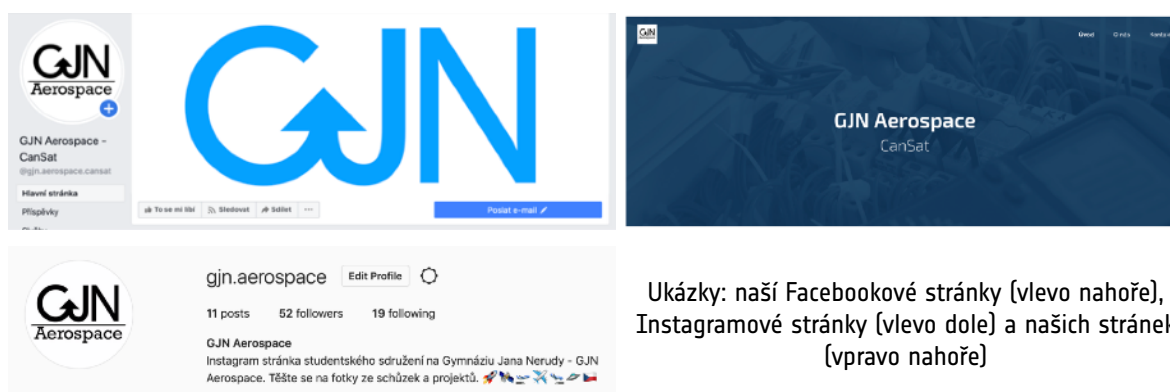
příspěvky byly co nejkratší, ale aby se z nich návštěvník zároveň dozvěděl dostatek potřebných informací, jelikož v dnešním uspěchaném světě je čas velmi drahocenný a většina uživatelů sociálních sítí preferuje krátké a výstižné příspěvky, díky kterým zůstávají v obraze, ale zároveň s nimi neztrácí příliš času. Přes Facebook se nám podařilo oslovit nejvíce návštěvníků.

### 5.2.2 Instagram

Druhý profil jsme si založili na sociální síti Instagram a tento účet slouží i pro účely našeho studentského sdružení GJN Aerospace. Na Instagram nahráváme zejména fotky ze stavby našeho CanSatu a slouží zároveň k přesměrování návštěvníků na náš Facebook.

## 5.3 Internetové stránky

Náš web je vytvořen pomocí služby Webnode a je tvořen jednoduchou a minimalistickou kombinací barev modré a bílé a byl vytvářen dodatečně, až po našich sociálních sítích. Účelem našeho webu není totiž být prvotním informačním kanálem, nýbrž jen druhosledným rozcestníkem, který poskytne jeho návštěvníkům



základní informace o projektu, o členech našeho týmu a hlavně návštěvníky přesměruje na naše sociální sítě, na kterých mohou návštěvníci nalézt ostatní informace, popřípadě na náš e-mail, na který mohou návštěvníci směřovat své dotazy.

## 5.4 Ostatní propagace

Během stavby našeho CanSatu jsme navštívili několik akcí, na kterých jsme prezentovali jak náš tým a CanSat tak i soutěž samotnou. Konkrétně jsme se účastnili akcí Arduino den, Future Gate a také jsme prezentovali CanSat na našem gymnáziu v rámci akce NeruDny 2019. Účast na těchto akcích byla vždy vysoká, a tudíž nám tyto akce pomohly ke zviditelnění naší týmové práce.

## 5.5 Shrnutí kapitoly

Správný marketing je dnes klíčem k úspěchu a je tudíž důležité věnovat mu dostatek času. Z toho důvodu jsme vytvořili poutavý, avšak zároveň minimalistický design, aktivně jsme komunikovali s fanoušky prostřednictvím několika sociálních sítí, vlastního webu a naši fanoušci měli také možnost nás potkat na





NeruDny 2019 - pátek, prezentace CanSatu

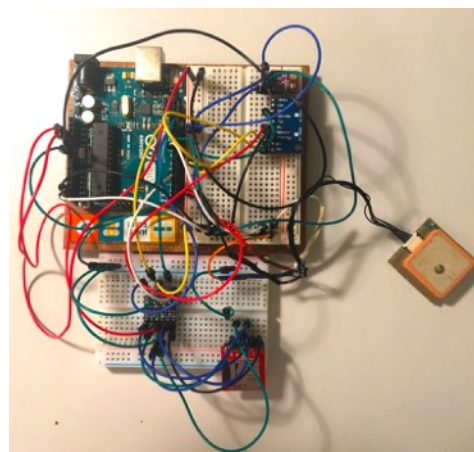
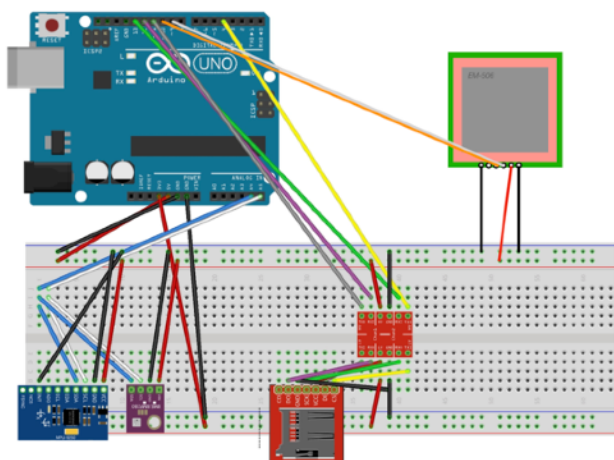
některých akcích. Vždy jsme byli otevřeni všem dotazům, a co je pro nás ještě důležitější, nikdy jsme během naší prezentace, a to jak na sociálních sítích, tak při setkání s našimi fanoušky, nikomu nelhali, nic jsme nepředstírali, zkrátka říkali jsme věci narovinu, protože přetvářka by nám jen uškodila.

## Kapitola 6

## NÁVRH A VÝROBA SONDY

## 6.1 Prozatímní CanSat

Z důvodu zpoždění dodání openCanSat kitu jsme se rozhodli vyhotovit tzv. "prozatímní CanSat". Jednalo se o desku Arduino Uno s komponenty pro splnění primární mise (tzn. senzor pro měření tlaku, teploty a



Vpravo je obrázek prozatímního CanSatu z programu Fritzing, vlevo je samotný prozatímní CanSat

vlhkosti vzduchu). K tomu jsme přidali další senzory/moduly (gyroskop, akcelerometr, magnetometr, GPS modul, slot na MicroSD kartu). Toto zařízení nebylo schopno radiové komunikace, sloužilo pouze ke zkouškám práce s Arduinem.

## 6.2 Obal

Design našeho obalu jsme sami vytvořili. K tomu jsme použili program Fusion 360 společnosti Autodesk. Začátky s tímto programem jsou jednoduché, tudíž je vhodný pro naše účely.

Vnější rozměry našeho obalu jsou dány požadavky soutěže, takže CanSat je válec, který má na výšku 115 mm a v průměru 66 mm.

Obal je rozdělen do dvou částí. V jedné je prostor pro jednotlivé přístrojové desky CanSat kitu. V té druhé, která je nezávislá na té první je prostor pro jiné experimenty, které jsou nezávislé na zbytku CanSatu (např. samostatná palubní kamera aj.).

Vyhotovili jsme několik designů pro obal (viz. obrázky našich dvou pokročilejších designů). Navrhli jsme také obaly bez druhé sekce. Ze všech designů zvítězil ten s otočným víčkem druhé sekce.

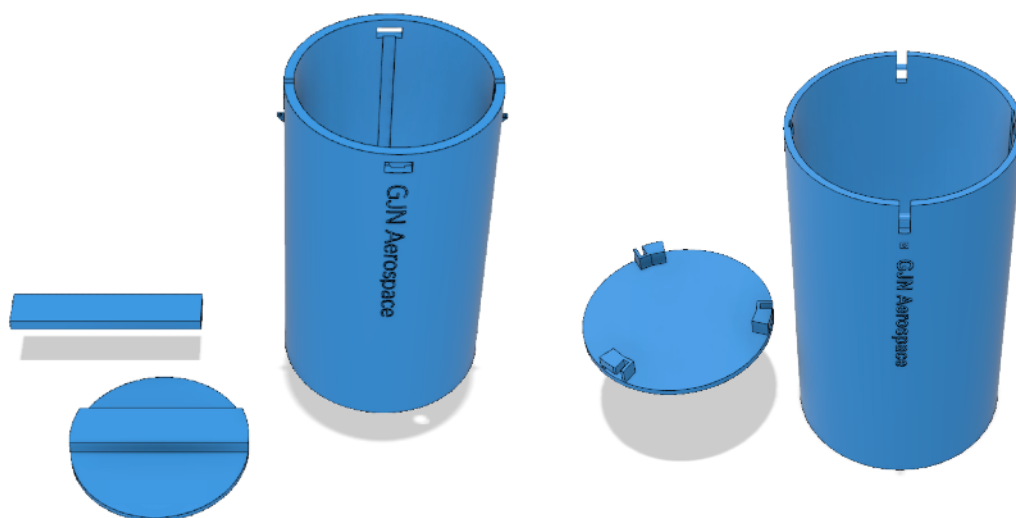
První verze našeho obalu počítala s vypouštěním za použití očka, která se otevře a shodí tak náš CanSat (tento způsob byl používán v minulých ročnících soutěže), takže by obal v některých místech nesplňoval podmínky kvůli systému odklopatelných poutek, které zajišťovali úchyt CanSatu a zároveň správné



CanSat se vypouští z dronu. Vypouštěcí mechanismus je tubus se zářezkou na dně, které se s pomocí servomotoru odklopí a CanSat samovolně vypadne. Od očka jsme upustili.

15 Apr at 18:14 · Sent from Web

Zpráva pana Jana Spratka z kanceláře ESERO



Design s víčkem druhé sekce, které se zajistí klínkem v 1. verzi (vlevo), design s víčkem, které se zajistí otočením v 2. verzi (vpravo)

vypuštění padáku zevnitř. Později jsme se ale dozvěděli, že CanSat se bude vypouštět z tubusu, kterému se otevře dno. Toto zajistilo, že náš CanSat bude plně splňovat parametry. Musíme dodat, že na druhé verzi obalu zůstali některé prvky z "poutkového mechanismu" první verze obalu (tzn. úchytky pro poutka v plášti), ty ale nijak nevyčnívají z obalu.

Druhá verze se liší použitím užších stěn a rozšířeného prostoru v druhé sekci. Také byl přesunut nápis "GJN Aerospace", který je také v druhé verzi vyryt hlouběji a používá jiný font.

Obal nám tiskli 3D tiskaři z naší školy na tiskárně Prusa i3. Obal byl vytištěn z materiálu PLA s výplní 40%. Také model nabarvíme, aby byl zvenku více chráněn a aby dobře vypadal.



Ukázka "poutkového" mechanismu

### 6.3 Přístroje

Přístroje potřebné pro vykonání primární mise se nachází v první sekci obalu. Jsou tam desky openCanSat kitu. Hlavní deska s mikroprocesorem ARM Cortex-M0. Na desce je senzor BMP280, který měří teplotu, tlak a vlhkost. Dále tam je GPSka a RFM69W modul pro komunikaci. Samozřejmě součástí desky jsou i další komponenty, které zajišťují funkčnost CanSatu.

Při nahrávání kódu do openCanSat desky se vždy vyskytovaly problémy. Kód do desky mnohokrát nešel nahrát a i po restartu PC se to nepodařilo. Problémy byly také s baterií.

### 6.4 Přístávací systém

Jako přistávací systém jsme zvolili padák. Vrtuli jsme zavrhlí z důvodu vysoké náročnosti. V minulosti se o to týmy už pokoušely. My zůstáváme konzervativnější, ale ne konzervativní.

#### 6.4.1 Kruhový padák

Kruhový padák je jednoduchý, oproti padáku typu křídlo neklade tak velké nároky při výrobě a během letu je stabilnější. Rozhodli jsme se ho využít jakožto padák záložní. Pro výrobu byl použit ripstop.

Běžně jsou používány dva typy kruhových padáků. U větších modelů se jedná o padák, který má při výrobě jednotlivé panely nastřížené tak, aby měl dvě protilehlými strany mírně vyoblené. Mezi jeho výhody mj. patří rychlejší nafouknutí při pádu a ušetření materiálu. Druhým typem je padák, který je složen z panelů, které mají tvar rovnostranného trojúhelníku, je snazší ho vyrobit, avšak špatně odolává nepříznivým povětrnostním podmínkám. Náš padák je charakterizován šesti vyoblenými protilehlými stranami. Výpočet velikosti padáku je relativně komplikovaný pro nás nepotřebný. Velkou roli zde hrají testy. Pracovali jsme s průměrem padáku,  $d=38\text{ cm}$ .

Kruhový padák byl testován na Lochkovském mostě. Tam byl padák testován shobením z výšky 12 metrů. Vedl si dobře, ale na základě testů došlo ke zvětšení stabilizačního otvoru.

#### 6.4.2 Padák řiditelný

Pro účely naší sekundární mise jsme se rozhodli použít specifický typ padáku, padák typu křídlo(ang. ram-air parachute). Padák typu křídlo je možno relativně dobře řídit, oproti kruhovému padáku vítr ovlivňuje trajektorii jen nepatrně a lépe se určuje místo přistání. Padák se dělí do několika částí. Vrchlík se šňůrami má tvar obdélníku a při pohledu z boku tvar křídla. Je tvořen 6 kanály, které tvoří žebrovinu vyplňující vnitřní prostor mezi dvěma spojenými plochami vrchlíku. Výtažný padáček, shora připojený ke křídlu, slouží k vytažení vrchlíku padáku se šňůrami a umožňuje tím jeho následné naplnění vzduchem. Padáček je v podstatě šestiúhelník a je zhotoven z ripstopu stejně jako hlavní padák. Jakmile začne CanSat padat, padáček nabere vzduch a nafoukne se. Tah šňůr výtažného padáčku vytáhne vlastní padák. Padák je připojen k plechovce naší sondy, Písni kosmické, za pomoci celkem sedmi šňůr. Pět šňůr slouží k upevnění. 4 z nich se upínají na spodní okraje křídla a pátá je uprostřed. Původně jsme používali pouze čtyři kotvící lanka uchycená na okraje, avšak při testech s první verzí padáku jsme se potýkali s problémem, že se nám padák správně neroztahoval. Proto jsme se rozhodli o přidání pátého lanka přímo doprostřed spodní plochy ram-airu, které bude usnadňovat naplnění křídla vzduchem. Kromě kotvicích lanek, která jsou fixní, používáme také dvě lanka ovládací umístěná doprostřed kratších stran padáku. Tato lanka jsou dole připojena na servomotory ovládatelné prostřednictvím přenášených signálů. Tím je umožněno ovládání padáku ze země. V pěti vnitřních žebrech jsou dvě díry. Pro výrobu padáku jsme získali potřebné praktické informace z YouTube kanálu Mihawkler. K hotovému padáku jsme připojili závaží a mohlo dojít k testům.



První verze padáku typu křídlo (první dvě fotky zleva) a druhá verze padáku typu křídlo (vpravo)

První verze padáku typu křídlo si zprvu nevedla dobře. Padák se správně nenařadil. Tento problém byl částečně vyřešen vytvořením 2 děr do každého vnitřního žebra. Padák byl testován na Petříně shazováním s různých vyvýšených míst (prolézačky na dětském hřišti atd.). Druhá verze tohoto padáku zatím testy neprošla. Testování je naplánováno na 22. 4. 2019. Došlo tam ke změnám velikostí a zpřesnění procesu šití. Při jeho tvorbě jsme vychytili "mouchy" ze šití první verze.

### 6.4.2.1 Výpočty plochy padáku

Při pádu na padák působí tři síly- gravitace, odporová síla vzduchu a vztlak vzduchu. Gravitace míří vertikálním směrem a urychluje předmět směrem dolů. Její velikost je rovna součinu hmotnosti plechovky a gravitačního zrychlení. Odporová síla působí proti směru pohybu. Sestupová rychlost se má podle norem pohybovat v rozmezí 6 a 12 m/s. My tedy potřebujeme korigovat rychlost pádu ve vertikálním směru.

Velikost odporové síly ve vertikálním směru je rovna:

$$F_d = 0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_d$$

$\rho$  je hustota vzduchu. Podle předpovědi počasí jsme pro teplotu vzduchu 25 stupňů Celsia našli hodnotu hustoty vzduchu 1,1845 kg/m<sup>3</sup>.  $S$  je plocha padáku, kterou chceme spočítat. Rychlost  $v$  jsme nastavili směrem ke spodní hranici, což by nám mohlo usnadnit sběr dat.  $C_d$  je koeficient odporu, který jsme museli také dohledat. Po mnoha neúspěšných pokusech o získání přesné hodnoty jsme sestavili padák předpokládaje, že hodnota koeficientu odporu je 1,25. Padák však padal velmi rychle. Z tohoto důvodu byl tento koeficient snížen na 0,9.

Vztlková síla je generována následkem pohybu křídla ve vzduchu. Vzhledem k tomu, že naše konstrukce byla nedokonalá, nemohli jsme se na skutečně efektivní vztlak spolehnout. Proto jsme se rozhodli, že budeme pouze s odporem vzduchu.

Vzhledem k informacím z odborné literatury jsme se rozhodli pro velikost poměru stran 3,2:1 a pro úhel náběhu 9 stupňů. Tím se však změnila efektivní odporová plocha padáku. Skutečný odpor poté bude:

$$F_d = 0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_d \cdot \cos 9$$

Dosažením za sílu a po vyjádření plochy získáme:

$$S = 2 \cdot m \cdot g / \rho \cdot v^2 \cdot C_d \cdot \cos 9$$

Hodnota horní plochy padáku poté bude:  $S = 1643 \text{ cm}^2$ .

A strany horní plochy poté budou dlouhé  $a = 23 \text{ cm}$  a  $b = 72 \text{ cm}$ .

A strany dolní plochy poté budou dlouhé  $a = 23 \text{ cm}$  a  $b = 48 \text{ cm}$ .

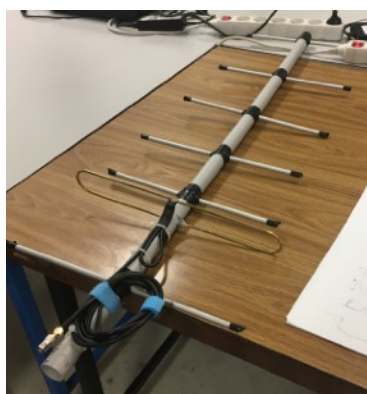
## 6.5 Komunikace

Ke komunikaci využíváme modul RFM69W, který je součástí openCanSat kitu. Anténa na hlavní desce CanSatu je dlouhá 166 mm. Anténu pro pozemní stanici jsme sami vyrobili. K její výrobě jsme mohli použít základní vztahy. Ale pro přesnější výsledky výpočtů a zahrnutí více faktorů jsme použili kalkulačku "VK5DJ's YAGI CALCULATOR".

Anténu na přijímací stanici jsme sami vyrobili, zvolili jsme anténu typu Yagi se sedmi elementy. Rozhodli jsme se,

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{c}{f} \\ AE &= \frac{\lambda}{2} \\ R &= \frac{\lambda}{2} + 0,05 \left( \frac{\lambda}{2} \right) \\ D1 &= \frac{\lambda}{2} - 0,05 \left( \frac{\lambda}{2} \right) \\ D2 &= D1 - 0,05 \left( \frac{\lambda}{2} \right) \\ Da &= \frac{\lambda}{4} \cdot 0,95 \end{aligned}$$

$\lambda$	vlnová délka
$c$	rychlost světla
$f$	frekvence
AE	vzdálenost AE
R	délka reflektoru
D1	délka 1. direktoru
D2	délka 2. direktoru
Da	délka antény na CanSatu



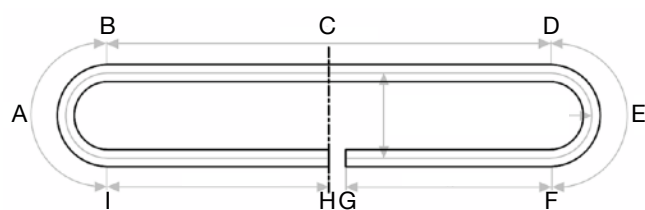
Část	Délka	Průměr	Pozice	Materiál
Reklector	337,8 mm	8 mm	30 mm	Hliník
Dipól	691 mm	4 mm	169 mm	Mosaz
1. direktor	294,1 mm	8 mm	221,7 mm	Hliník
2. direktor	290,3 mm	8 mm	347,2 mm	Hliník
3. direktor	286,7 mm	8 mm	497,1 mm	Hliník
4. direktor	283,5 mm	8 mm	671,4 mm	Hliník
5. direktor	280,4 mm	8 mm	866,6 mm	Hliník

Foto naší antény a informační tabulka

místo klasického rovného dipólu, použít dipól skládaný.

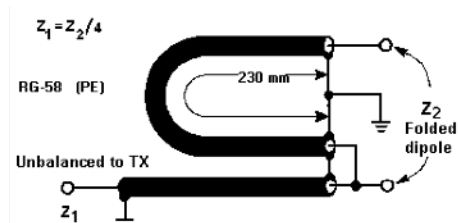
Na anténu jsme použili koaxiální kabel RG 58 (RG-100). Kabel je určen pro 50Ω anténní aplikace. Symetrizační člen má délku 230 mm. Pro spojení antény se stanicí je využit konektor SMA. Na anténě je muž a na stanici žena. Části samotné antény jsme vyhotovili z hliníku (reflektor a direktory) a z mosazi (dipól). Všechny části jsou zasazené do PVC trubky.

Jednotlivé části jsou zajištěny izolační



Skládaný dipól a tabulka vzdáleností

BC	CD	148 mm
HI	GF	143 mm
HA	GE	170 mm
HB	GD	198 mm
HC	GC	345 mm
BI	DF	35 mm
HG		10 mm



Koaxiální kabel RG 58 (nahore), schéma zapojení a délek symetrizačního členu (dole)

páskou a lepící tavnou pistolí.



## Kapitola 7

## ZÁVĚR

## 7.1 Shrnutí projektu

S každým problémem i s těmi, které se nám nakonec nepodařilo vyřešit jsme nabyli nové zkušenosti. Mnohé by se nám možná také podařilo zprovoznit, kdybychom nebyli v časové tísní. Na poslední chvíli jsme měli také komplikace s nahráváním kódu na CanSat, což nám znemožňovalo jakýkoli softwarový posun. Kromě technické stránky věci jsme se navíc naučili také něco o týmové spolupráci a propagaci. Pro nás, jakožto studenty obecného gymnázia, byl CanSat super příležitost, jak zlepšit své dovednosti v oboru elektrotechniky, IT a jiných. Pro většinu z nás to bylo v tomto projektu poprvé, co jsme se setkali s programováním a elektrotechnikou na takovéto úrovni.

## 7.2 Rozpočet

openCanSat kit	2000 Kč
MPU 9250	387 Kč
Kamera Rolei ActionCam 372	714 Kč
2x SG90-180	240 Kč
Padákovina ripstop 1 m (x 140cm) <i>(sponsorský dar, cena z <a href="http://latka.cz">latka.cz</a>)</i>	359 Kč
Šňůra	45 Kč
Materiál na obal	120 Kč
Materiál pro výrobu antény	270 Kč
<b>Celkem</b>	<b>4135 Kč</b>

Celý projekt se vešel pod hranici 5 000 Kč. Největší část nákladů na projekt tvoří začínající sada, která obsahuje jak části samotného CanSatu a i části pozemní stanice.

## ZDROJE A ODKAZY

### Kde nás najdete:

<https://www.facebook.com/gjn.aerospace.cansat/>

<https://www.facebook.com/gjn.aerospace/>

<https://www.instagram.com/gjn.aerospace/>

<https://gjnaerospace-cansat.webnode.cz/>

### Týmová práce:

<https://slack.com>

<https://www.messenger.com>

### Grafika:

[https://www.esa.int/identity/04T\\_fonts\\_01.html](https://www.esa.int/identity/04T_fonts_01.html)

<https://www.wikipedia.org> (obrázky - loga agentur)

### Přístroje:

[https://opencansat.eu/wiki/index.php?title=Main\\_Page](https://opencansat.eu/wiki/index.php?title=Main_Page)

### Přistávací systém:

<https://www.youtube.com/channel/UC6uVIGZkZmT0XIxntwF3xZw>

[https://www.researchgate.net/publication/268581382\\_Detailed\\_Aerodynamic\\_Analysis\\_of\\_Ram-Air\\_Parachute\\_Systems\\_in\\_Steady\\_Flight](https://www.researchgate.net/publication/268581382_Detailed_Aerodynamic_Analysis_of_Ram-Air_Parachute_Systems_in_Steady_Flight)

### Komunikace:

<https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.651-323.1.pdf>

<https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.817-130.1.pdf>

<http://www.vk5dj.com/yagi.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=7Dy8j5XnF6o>

<http://wiki.sciencein.cz/>