

# Czech Rocket Challenge - Příručka k soutěži



CRC organizační tým

16. května 2022



# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
1.1 Cíl	1
1.2 Přehled soutěže	1
<b>2 Časový harmonogram projektu</b>	<b>2</b>
2.1 Registrace	2
2.2 Design	2
2.3 Odpalovací den	2
<b>3 Organizace týmu</b>	<b>3</b>
3.1 Týmová struktura	3
3.2 Týmová aktivita	3
<b>4 Pravidla soutěže</b>	<b>4</b>
<b>5 Bodování</b>	<b>6</b>
5.1 Design rakety	6
5.1.1 Design, inovace & náklad	6
5.1.2 Analýza + simulace	6
5.1.3 Jméno a vzhled rakety	7
5.2 Provedení letu	7
5.2.1 Přesnost predikované výšky	7
5.2.2 Nejvyšší apogeum	7
5.2.3 Technologie záchranného systému & stabilita letu	7
5.3 Penalizace	8
<b>6 Základní části a funkce rakety</b>	<b>9</b>
<b>7 Dodatečné informace</b>	<b>11</b>
7.1 Co bude poskytnuto	11
7.2 Kontaktní informace	11
7.3 Partneři	11



# 1 Úvod

Czech Rocket Challenge spojuje studenty, profesionály a firmy, zajímající se o rozvoj kosmonautiky v České republice a přináší studentům příležitost vyzkoušet si skutečnou práci raketových inženýrů i se všemi jejími povinnostmi.

## 1.1 Cíl

Cílem Czech Rocket Challenge je spojit zájemce – zejména studenty – o rakety a kosmonautiku v České republice a poskytnout jim příležitost postavit si vlastní funkční raketu. Soutěž by jednotlivce měla naučit pracovat v týmu na úplně novém inženýrském projektu a dát mu mnoho nových zkušeností od počátečních návrhů, až po testování rakety.

## 1.2 Přehled soutěže

Po týmech je požadováno, aby navrhly takovou raketu, která bude splňovat misi níže:

***Navrhnout a postavit experimentální podzvukovou raketu pro testování vědeckého/technického úkolu, která bude soutěžit proti dalším týmům v Czech Rocket Challenge.***

Motor bude poskytnut organizátory soutěže. Jeho tahové charakteristiky, impuls a další potřebná data jsou dostupné na stránkách soutěže. Každá raketa musí použít – a tudíž mít prostor – pro kalibrovaný certifikovaný výškoměr, který bude také poskytnut organizátory. Týmy dostanou hrubý návod pro stavbu jejich rakety, nicméně samostatná práce je ve velké míře očekávána. Jednotliví členové tak budou mít možnost samostatně porozumět aspektům designu raket.

Během projektu budou mít týmy plnou podporu od členů Czech Rocket Society. Budou se moci na ně obrátit v případě nesnáží nebo hledání rady, což by mělo pokrýt i několik workshopů, které se budou konat v březnu tohoto roku.

Rakety jednotlivých týmů se budou hodnotit jak podle designu, tak podle provedení letu. Ohodnocení letu rakety proběhne na finálovém odpalovacím dni, kde bude vyhlášeno i konečné skóre a celkový vítěz soutěže.



## 2 Časový harmonogram projektu

### 2.1 Registrace

Registrace týmů probíhá do 28. února 2022 na stránkách [czechrocketchallenge.cz](http://czechrocketchallenge.cz).

### 2.2 Design

Během března, dubna a května budou mít týmy čas navrhnout, otestovat a postavit funkční raketu. Pro jednodušší začátek je naplánováno **několik workshopů v průběhu března**. Workshopy by měly účastníkům umožnit lépe pochopit hlavní komponenty rakety, jak začít s jejich návrhem, nebo jak si rozdělit role v týmu.

Design rakety by měl zabrat cca první měsíc a poté by se už týmy měly posunout do fáze počátečního stavění a testování. Ze zkušeností z minulého roku bude **15. dubna a 15. května** deadline na zaslání dokumentace týmu o dosavadním postupu v jakékoliv formě - **fotky, videa, prezentace, simulace, výpočty**. Tato dokumentace progresu se nebude započítávat do závěrečného hodnocení, ale bude se vyžadovat, aby se zajistila větší bezpečnost raket a týmy nenechávaly práci na poslední chvíli.

V **dubnu** by se měly týmy věnovat testování jednotlivých komponentů a systémů. V **květnu** pak již stavět a popřípadě testovat celou raketu.

Pro větší bezpečnost a lepší hodnocení raket v jednotlivých kategoriích (viz **kapitola 5**) bude po soutěžících vyžadován *report*. Ten může být v psané podobě nebo ve formě prezentace. Nezávisle na formě by z reportu mělo být zřetelné, že tým provedl určité výpočty a simulace jednotlivých komponentů, celé rakety, nebo jejího letu. Dále, že raketa je letuschopná, aerodynamicky stabilní a má záchranný systém. Více detailů o reportu se soutěžící dozví během workshopů. Report by měl soutěžícím sloužit jako takové vlastní kritické přezkoumání projektu a zároveň lépe poukázat na nedostatky nebo limitace rakety. **Deadline reportu je 31. května 2022**. Pokud bude report v pořádku a raketa uznaná jako letuschopná, bude tým pozván na odpalovací den.

Vzhledem k velkému počtu přihlášených týmů jsou *dokumentace progresu a report* **povinné**. Pokud týmy nebudou prokazovat svoji dosavadní práci může je pořadatel diskvalifikovat ze soutěže. Hlavně pro bezpečnost soutěžících i diváků může pořadatel v den soutěže uznat raketu jako nezpůsobilou a diskvalifikovat daný tým.

### 2.3 Odpalovací den

Jednodenní odpalovací den je naplánován na víkend 11. – 12. června 2022. Termín se podle počasí může  $\pm$  o 1 týden změnit.

Harmonogram soutěže	
Registrace	do 28. února
Workshopy	během března
Dokumentace progresu #1	do 15. dubna
Dokumentace progresu #2	do 15. května
Report	do 31. května
Odpalovací den	11.-12. června



## 3 Organizace týmu

### 3.1 Týmová struktura

Pro dosažení úspěšného projektu musí být každý tým dobře organizovaný, proto by měl mít projektového manažera, který bude zodpovědný za komunikaci v týmu i mimo něj s organizátory a bude dbát na dodržení uzávěrek. Pro zbytek týmu neexistuje žádná pevně daná struktura, tudíž jednotlivé role mohou být rozděleny libovolně.

Přesto je vhodné si role rozdělit tak, aby odpovídaly podsekcím typického rozložení rakety. Základ rolí je v seznamu níže:

- Avionika (Avionics)
- Náklad (Payload)
- Konstrukce (Structures)
- Záchrana (Recovery)

Navrhuje se také, aby si členové vzali další druhotné role, které jsou nezbytné pro chod týmu a start rakety jako jsou například:

- Aerodynamika
- Akvizice dílů
- Příprava reportu

Samozřejmě také záleží na celkovém počtu členů. Vzhledem k velikosti projektu si například projektový manažer může vzít další hlavní nebo druhotné role. Tyto role jsou pouze návrhy a nemusí být následovány.

### 3.2 Týmová aktivita

Czech Rocket Challenge je týmová soutěž, tím pádem je angažovanost očekávána od všech členů týmu. V případě, že se někteří členové týmu přestanou účastnit projektu, měl by tým informovat pořadatele soutěže a odpovídající kroky budou provedeny. Cílem je, aby v případě, kdy ve více týmech jsou pouze 2-3 aktivní členové, bylo možné týmy - po domluvě obou stran - sloučit, a tak mohla být alespoň jedna raketa dokončena.



## 4 Pravidla soutěže

Tato část popisuje pravidla soutěže, která se vztahují na všechny návrhy raket všech týmů. Tato pravidla byla sestavena s cílem zajistit, aby soutěž splňovala bezpečnostní normy a aby všechny týmy měly stejné příležitosti k vítězství.

### Velikost motoru

Motor bude stejný pro všechny týmy a bude dodán pořadateli soutěže v den startu.

### Ostatní materiály

Raketa nesmí využívat toxické či reaktivní materiály. Vždy raději konzultujte s pořadatelem soutěže.

### Hmotnost

Hmotnost rakety nesmí přesáhnout 1.5 kg v době odpalu.

### Náklad

Náklad rakety nesmí obsahovat hořlaviny, výbušniny nebo živé tvory.

### Stabilita

Centrum tlaku  $C_p$  musí být za těžištěm rakety. Minimální aerodynamická stabilita musí být větší než 1 (pozn.:  $C_p$  by mělo být minimálně velikost průměru rakety za  $C_G$ ).

### Záchrana

Raketa musí mít záchranný systém jako je prapor nebo padák, aby se zajistilo kontrolované a nebalistické klesání rakety (a všech jejích částí a dílů).

### Odpalovací věž

Všechny rakety budou startovat ze stejné odpalovací věže, která bude zajištěna a poskytnuta organizátory soutěže.

### Délka letu

Délka letu rakety od startu po přistání nesmí trvat déle než 90 s. V případě, že si myslíte, že dokážete zajistit přistání v blízké vzdálenosti od startovacího místa, ale v čase delším než 90 s, raději konzultujte s pořadatelem soutěže.

### Externí pohon

Raketa nesmí použít žádný další pohonný systém, aby se zachovala férovost o dosažení nejvyššího apogea.



### **Záznam nadmořské výšky**

Raketa musí obsahovat minimálně výškoměr poskytnutý organizátory soutěže pro záznam nadmořské výšky. Další měřicí přístroje a senzory jsou vítány.

**Poznámka:** Nedodržení jakéhokoliv pravidla zmíněných výše může vést k okamžitému vyloučení provinilého týmu ze soutěže.

*Pořadatel si vyhrazuje právo na změnu pravidel.*



## 5 Bodování

Aby bylo možné určit vítěze soutěže, týmy budou ohodnoceny podle několika různých kritérií. Dvě hlavní oblasti, které budou hodnoceny, jsou **design rakety** a **provedení letu rakety v den odpalu**. Maximální dosažitelná hranice je 1000 bodů. Report se týká zejména podkategorií Inovace, designu & nákladu; Analýza + simulace. **Tabulka 5.1.** poskytuje přehled metodiky hodnocení.

Bodování bude mít na starost tým 4 rozhodčích z CRS, který nestranně a nezávisle na sobě ohodnotí každou kategorii každého týmu a poté se jejich výsledky zprůměrují.

Tabulka 5.1: Metodika hodnocení

Skóre kritérium	Body
<b>Design rakety</b>	
Design, inovace & náklad	330
Analýza + simulace	140
Jméno a vizualizace rakety	30
<b>Provedení letu</b>	
Přesnost predikované výšky	200
Nejvyšší dosažená výška	150
Stabilita letu + záchranný systém	150
<b>Celkem</b>	<b>1000</b>

### 5.1 Design rakety

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2, po týmech bude vyžadován report o raketě, který se bude týkat právě této části hodnocení. Report by měl i ne příliš zasvěcenému člověku vysvětlit principy rakety, fungování a návrh jednotlivých částí (konstrukce, padáku, finů,....) a ukázat simulace a výpočty rakety. Za design rakety popsany v reportu mohou týmy získat až 500 bodů. Tato část je dále rozdělena do 3 menších podskupin.

#### 5.1.1 Design, inovace & náklad

Inovace je to, co vyzdvihuje ostatní inženýrské firmy nad ostatní. Například SpaceX nebo NASA neustále posouvají hranice vědy a možností raket. Proto jsou týmy motivovány přijít s inovativním řešením daných problémů a vyzdvihnout se nad ostatní. Inovace mohou být v jakékoliv formě – od zajímavého návrhu, který vyřeší nějaký složitý problém, po aplikaci nové technologie. Jakákoliv sekce rakety může být inovována. Zejména v oblasti nákladu má raketa největší volnost – něco vynést na „oběžnou dráhu“, měřit data, vyzkoušet nový přístroj atd. Inovace, design & náklad je nejvíce ohodnocená kategorie s maximálním počtem bodů 330, což je zhruba třetina celkového počtu.

#### 5.1.2 Analýza + simulace

Analýza a simulace jsou dva klíčové komponenty v moderním inženýrství. Použití technologií jako metoda konečných prvků nebo počítačové simulace dovolují inženýrům modelovat působení sil, či celkové působení jednotlivých komponentů. Týmy musí ukázat pevnost a bezpečnost rakety například pevnostními analýzami, vlastnoručními výpočty nebo použitím softwaru (MATLAB, Python, atd.). Dále musí ukázat způsobilost rakety letět stabilně a bezpečně, a to například výsledkem simulací letu (OpenRocket). Maximum 140 bodů je uděleno za tuto sekci, zvláště pak 70 bodů za simulaci a 70 bodů za analýzu.





### 5.1.3 Jméno a vzhled rakety

Dobré jméno a barvy jsou nejlepší způsob, jak uchvátit veřejnost. Maximum 30 bodů bude uděleno týmu s nejvíce působivým vzhledem rakety. Urážlivá či hrubá jména povedou k strhnutí bodů.

## 5.2 Provedení letu

Druhá oblast za kterou týmy dostanou hodnocení je provedení letu v den odpalu. Za tuto část je možné získat až 500 bodů a je rozdělena do 3 menších podskupin.

### 5.2.1 Přesnost predikované výšky

Predikce apogea je v této soutěži ještě důležitějším faktorem při designu rakety. Přesná predikce je dobrá indikace kvalitního modelování, simulací a výpočtů. Jako paralela může sloužit představa plnění vesmírné mise se specifickým úkolem – poskytovatel nosiče musí být např. schopen dosáhnout takového apogea, o jaké žádá zákazník. Týmy jsou proto povinny predikovat apogeum své rakety před startem v den soutěže. Pro predikci může být použit software (např.: OpenRocket) nebo vlastnoruční výpočty. Za tuto kategorii je možné získat až 200 bodů. Body budou rozděleny podle následující rovnice:

$$\text{Body} = 200 - \frac{200}{0.6 \times \text{predikce}} \times |\text{predikce} - \text{realita}| \quad (5.1)$$

### 5.2.2 Nejvyšší apogeum

Apogeum je v soutěži CRC jedním z hlavních cílů rakety. Tím, že mají všichni soutěžící k dispozici stejný motor, se stává dosažená výška jedním z měřítek technické vyspělosti rakety. Vysoké apogeum je obvykle dobrá indikace toho, že raketa byla kvalitně navrhnutá, jelikož hmotnost musí být malá a také aerodynamické vlastnosti rakety musí být na vysoké úrovni. Za tuto kategorii je v soutěži možné získat maximum 150 bodů. Body pro týmy, které se umístí na 3. až předposledním místě se určí v den startu podle aktuálního počtu týmů.

Tabulka 5.2: Metodika bodování nejvyššího apogea

Body uděleny	Pozorování stability letu
150	Nejvyšší dosažené apogeum
120	Druhé nejvyšší dosažené apogeum
–	Zbylé týmy si proporcionalně rozdělí body od 50 do 120 bodů
50	Nejnižší dosažené apogeum
0	Neúspěšný let

### 5.2.3 Technologie záchranného systému & stabilita letu

Kvalita záchranného systému a stabilita letu jsou neméně důležitá kritéria. V této kategorii je možné získat až 150 bodů podle klíče popsaného níže.

Záchranný systém je mnohdy stejně důležitý jako pohonný. V momentě, kdy raketa nemá funkční záchranný systém, může představovat vážné bezpečnostní riziko pro ostatní a potenciálně způsobit zničení celé rakety. Maximálně 100 bodů je uděleno za správné a bezpečné fungování záchranného systému v den odpalu.

Stabilita letu je rozhodující faktor pro úspěšný let. Pokud je raketa dobře navrhnutá, měla by letět přímo vzhůru s malou reakcí na okolní vlivy jako je lehký vítr. Maximální počet za tuto sekci je 50 bodů, což je uděleno hlavně na základě analyzování video záznamu letu rakety.

**Poznámka:** Počasí a povětrnostní podmínky budou brány v potaz v den startu a všechny týmy budou hodnoceny relativně k sobě.

Tabulka 5.3: Metodika bodování záchranného systému

Body uděleny	Provedení záchranného systému (ZS)
75 – 100	Úspěšné otevření ZS - mechanismus spuštěn a otevřen, jak plánováno
50 – 75	Poměrně úspěšné otevření ZS - důkazy o otevření mechanismu ale ne tak, jak plánováno
25 – 50	Neúspěšné otevření ZS - důkazy o spuštění mechanismu, ale ne o správném otevření
0 – 25	Neúspěšné otevření ZS – žádné důkazy o spuštění nebo otevření záchranného systému

Tabulka 5.4: Metodika bodování stability rakety

Body uděleny	Pozorování stability letu
40 – 50	Ideální let rakety – raketa letí téměř perfektně vertikálně s malými odchylkami kvůli lehkému větru
30 – 40	Téměř perfektní let – raketa letí skoro rovně s lehkými odchylkami a/nebo z důvodu okolních podmínek např.: stáčení k větru
20 – 30	Slušný let rakety – raketa obecně letí rovně, i když se střední až velkou oscilací a odchyluje se v celkové trajektorii od svislice
10 – 20	Nedostatečný let rakety – raketa dosáhne nějak odpovídající výšky, ale se silnou oscilací, odchylkami a jasně viditelnou nestabilitou
0 – 10	Neúspěšný let rakety – raketa se silně odchýlí od své trajektorie, po startu se chová chaoticky anebo neopustí startovací věž vůbec

## 5.3 Penalizace

Nedodržení termínů pro doručení kontroly progresu nebo reportu bude mít za následek odečet bodů. Opakované zmeškání termínů může vést k diskvalifikování týmu ze soutěže.

Nesportovní chování během návrhu nebo stavby rakety či v soutěžní den bude mít za následek odečet až 500 bodů během finálového hodnocení.

Raketová věda je i na této úrovni nebezpečná aktivita. Využívají se hořlavé látky, pyrotechnika a letící raketa může velmi snadno poškodit majetek či zranit člověka. Měla by být brána seriózně. Jakékoliv nepřijatelné chování v kterémkoli okamžiku během projektu, které bude považováno za nebezpečné a/nebo bude představovat potenciální hrozbu pro ostatní, bude mít za následek vyloučení jednotlivců nebo týmů z CRC.



## 6 Základní části a funkce rakety

### Motor

Raketový motor bude dodán organizátory soutěže a bude tak pro všechny týmy stejný. Motor bude mít celkový impuls do 160 Ns. Soutěžící musí zajistit, aby se motor vůči raketě nepohyboval v axiálním, ani radiálním směru a neuvolnil se či nevypadl během zážehu a letu. Rozměry motoru a další charakteristiky jsou poskytnuty na stránkách soutěže nebo přímo soutěžícím.

### Stabilizátory

Stabilizátory (či finy) jsou nutné pro správnou orientaci a stabilizaci modelu. Jejich velikost a materiál je opět na soutěžích. Finy musí být zajištěny k modelu napevno a nesmí odpadnout. V případě za letu nastavitelných a řízených stabilizátorů musí být prokázáno před startem jejich správné upevnění a funkčnost.

### Trup

Trup může být vyroben z jakéhokoliv materiálu. Musí však zajistit dostatečnou tuhost a bezpečnost, aby se raketa nezlomila. V případě použití papírových trubek a jiných papírových dílů nezapomeňte, že i když raketový motor hoří pouze po krátkou dobu, sálá a může se vnější strana komory zahřát na několik desítek stupňů. Musí tedy být zajištěna dostatečná izolace (také uložení motoru apod.) tak, aby se blízké okolí motoru nepoškodilo. Volba velikosti, síly trubky, průměru, hmotnosti a dalších parametrů je na soutěžících.

### Nosecone

Tvar, materiál a jiné vlastnosti nejsou nijak limitovány. Nosecone se dá využít jako volný prostor. Pro co nejlepší dolet je podstatné zvolit ideální tvar s co nejnižším koeficientem odporu a aerodynamickými vlastnostmi. Hlavice nesmí padat volným pádem.

### Avionika

Elektronické systémy jako jsou případná záznamová zařízení, desky plošných spojů, Arduino, systém pro vypuštění padáku, či startovací systém by měly být pevně zajištěny v trupu, aby nedošlo k uvolnění a poškození zbylých částí rakety během letu. Další doporučený systém je použití buď zvukového, světelného, nebo jiného navigačního indikátoru pro nalezení rakety po dopadu. Může se stát (a minulých ročnících se stalo), že vítr zaneše při plachtění k zemi raketu daleko od odpaliště anebo do hůře přístupných oblastí.

Dále bude od všech týmů vyžadována procedura odpalu rakety. Stručně a jasně popsány všechny kroky nutné před startem, které tým předá organizátorům soutěže.

### Náklad

Orbitální rakety vynášejí zejména náklad na ISS, satelity a jiné měřicí přístroje nebo astronauty. V rámci CRC je možné vynést téměř cokoliv (viz **kapitola 4**) a právě tato oblast je ponechána zejména na kreativitu soutěžících. Nákladem mohou být různé předměty, experimenty a nebo i přídavná elektronika.



## Záchranný systém

Raketa musí mít funkční záchranný systém jako je padák, „streamer“ neboli stuhu, sama fungovat jako vírník, či jakkoliv jinak zajistit bezpečnost pomalého návratu na zem. Volný pád rakety a jakékoliv její části není přípustný! Přistávací zařízení může být instalováno v hlavici, trupu nebo v jiných částech rakety. Mechanismus vystřelování padáku je ponechán na kreativitě soutěžících.

## Mějte na paměti

- Raketové motory nemají nikdy 100% shodný výkon, který je popsán v prospektech o motoru.
- Koeficient odporu, používaný ve výpočtech je taktéž proměnný v závislosti na podmínkách. Každý komponent jako je hlavice, křídélka apod. ovlivňuje koeficient odporu, ale i další momentální proměnné podmínky.
- Pokud raketa nepoletí přímo vertikálně vzhůru, dostup se zmenší.
- Je třeba brát v potaz vnější podmínky, jako je vliv větru apod.

## 7 Dodatečné informace

### 7.1 Co bude poskytnuto

Během návrhu rakety bude pořádáno několik workshopů, které by týmům měly pomoci si rozdělit role v týmu, začít s návrhem jednotlivých komponentů a porozumět různým aspektům rakety jako je aerodynamika, simulace letu nebo strukturální analýza.

Motor, výškoměr a odpalovací rampa. Dále všechny pyrotechnické potřeby jako odpalovací zařízení, palníky a rozbušky budou poskytnuty v den odpalu na místě.

### 7.2 Kontaktní informace

Všechny veřejné potřebné informace jsou na webu: [www.czechrocketchallenge.cz](http://www.czechrocketchallenge.cz)

Zodpovědná osoba je Vojtěch Filipi - [crc@czechrockets.com](mailto:crc@czechrockets.com)

### 7.3 Partneři



Obrázek 7.1: Partneři Czech Rocket Challenge