



# Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

## Formule 1

Jaroslav Medek, David Hakl, Vít Pilecký

Smíchovská střední průmyslová škola  
Preslova 25, Praha 5

### Summary

The F1 IN SCHOOLS competition is supported by a worldwide companies. F1 in Schools is a competition in which teams consist of three to six students aged 9 to 19. Team uses CAD/CAM software to collaborate, design, analyse, manufacture, test to determination of the best-machining and the fastest car, that then races with miniature gas powered balsa F1 car. Team has to decide which roles each team member will have. Teams also design their own identity (in the form of a logo and team uniform), prepare a verbal presentation for commission and present a portfolio of work. The team prepares a business plan, develops a **budget** and raises sponsorship. Teams are encouraged to collaborate with challenge that inspires students to usage of IT to learn about aerodynamics, design, manufacture, sponsorship, teamwork and financial strategy. Each section of the problem is marked then marks are added together in order to find the winners from each school, region and country.

### Anotace

Soutěž F1 ve školách je podporována celosvětovými společnostmi. F1 ve školách je soutěž, v níž jsou týmy tvořeny třemi až šesti studenty ve věku od 9 do 19 let. Tým používá CAD / CAM software pro spolupráci, návrh, analýzu, výrobu a test k určení nejlepšího strojního zpracování a nejrychlejšího vozu, který pak závodí s malou balzovou formulí poháněnou plynem. Tým se musí rozhodnout, jakou roli každý člen týmu bude mít. Týmy také navrhnu vlastní identitu (v podobě loga a jednotného oblečení), připravují ústní prezentace pro komisi a prezentují portfolio prací. Tým připravuje obchodní plán, vyvíjí rozpočet a zvyšují množství sponzorů. Týmy jsou povzbuzovány, aby spolupracovali s výzvou, která inspiruje studenty k využití informačních technologií a dozvěděli se o aerodynamice, designu, výrobě, sponzorství, týmové práci a o finanční strategii. Známkována je každá část problému, známky se sečtou aby se našli vítězové z každé školy, regionu a země.

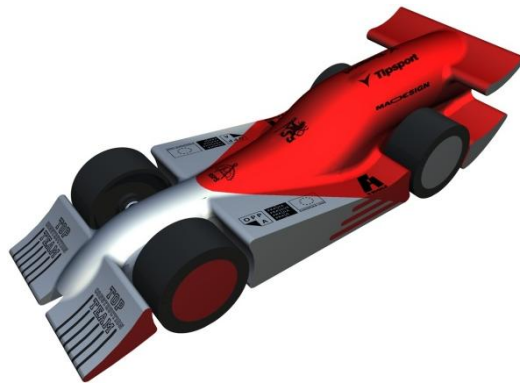
# Formule 1

---

David Hakl

Garant: Ing. Zápotocký Jaroslav

Konzultant: Ing. Fuksa Karel



školní rok 2009/2010

Smíchovská střední průmyslová škola, Preslova 25

## Žákovský projekt

<b>Název:</b>	Formule 1	<b>Jméno:</b>	David Hakl
<b>Ročník:</b>	4	<b>Třída:</b>	4.C
<b>Školní rok:</b>	2009/2010	<b>Garant projektu:</b>	Ing. Jaroslav Zápotocký
<b>Obor:</b>	Informační technologie	<b>Konzultant:</b>	Ing. Karel Fuksa

**Zadání:** V souladu s pravidly soutěže „Formule 1 ve školách“ navrhnete, zkonstruujete, otestujete, vyrobte vlastní model formule 1, který je poháněn CO<sub>2</sub>. Součástí soutěže je i příprava ústní prezentace realizované práce, doplněná o prezentaci konstrukční dokumentace, která dokumentuje kompletní návrh, konstrukci a výrobu závodního modelu. Povinností týmu je i zajistit si finanční příjem od sponzorů a hospodařit s ním. Vypracovat rozpočet a účelně financovat cestování a ubytování (týká se dopravy, případně ubytování, spojeného s návštěvou jednotlivých kol soutěže). K návrhu využijete CAD software, pomocí kterého vytvoříte design modelu, virtuální větrný tunel, který je určen pro analýzu chování modelu za jízdy, CAM software, s nímž vygenerujete data a CNC frézku, která na základě dat vyrobí závodní model. Termín dokončení soutěžní úlohy je únor 2010, viz propozice soutěže.

**Účel projektu:** Studenti se v rámci projektu učí pracovat se softwary nejen v reálném prostředí formule 1, ale i v běžném automobilovém, leteckém nebo strojírenském průmyslu. Znalost CAD/CAM softwaru umožňuje orientovat se v oboru, který má stále větší význam. Projekt umožní důkladně poznat tyto systémy a získat zkušenosti: - při tvorbě digitálních modelů - ve zpracování NC kódů - v konstrukční činnosti - v projektové činnosti. Využití těchto systémů je velmi potřebné pro celkový rozvoj všech vědních oborů. Studenti mohou konzultovat své návrhy se zkušenými konstruktéry a rozšiřovat si tak své znalosti a dovednosti. Zapojením se do soutěže mohou poznat spoustu zajímavých lidí ze světa motorismu a hlavně mohou své modely porovnat s modely studentů z dalších 30 zemí.

**Výstup (výstupy) projektu:** Rozdělení funkcí a zodpovědnost členů týmu za jednotlivé úkoly. Návrh modelů komponent formule. Návrh modelu sestavy formule. Výkresy komponent formule. Výkres sestavy. Návrh programu pro CNC obrábění vybraných komponent - simulace dráhy nástroje - NC kód Montážní soubor formule 1 – video fotorealistické ztvárnění formule – min. 2x render Animace pohybu formule – min. 2x video Prezentační panely Technická zpráva - analýza problému - variantní návrhy formule - volba polotovaru, materiálu komponent - čistá hmotnost komponent a sestavy formule - návrh povrchové úpravy - popis parametrů render-obrázků - popis parametrů videa - závěrečné zhodnocení projektu - výstupy zkoušek v aerodynamickém tunelu - výstup hospodaření Prezentace projektu v programu PWP 2x funkční model formule

**Obsah:** (rozepsané úkoly)

1. Proved'te analýzu problému a navrhnete postupy pro splnění zadání
2. Sestavte harmonogram prací a hodnotící list s bodovanými úkoly
3. Proved'te vlastní řešení projektu dle schváleného harmonogramu
4. Proved'te závěrečné zhodnocení projektu
5. Odevzdejte závěrečnou zprávu ve formě dokumentu v programu Word
6. Odevzdejte prezentaci projektu v programu PowerPoint
7. Proved'te veřejnou prezentaci svého projektu

Žákovský projekt bude mít teoretickou a praktickou část. V teoretické části odevzdáte vytištěnou závěrečnou zprávu a případně další výstupy, plynoucí z vašeho projektu. Závěrečná zpráva, podklady pro prezentaci a případně další výstupy budou rovněž na připojeném nosiči CD. Součástí projektu je závěrečná veřejná prezentace projektu před třídou a dalšími návštěvníky prezentace.

V praktické části budete svůj projekt obhajovat před maturitní komisí.

## Anotace Projektů.

CZ:

Soutěž F1 ve školách je podporována celosvětovými společnostmi . F1 ve školách je soutěž, v níž jsou týmy tvořeny třemi až šesti studenty ve věku od 9 do 19 let. Tým Používá CAD / CAM software pro spolupráci, návrh, analýzu, výrobu a test k určení nejlepšího strojního zpracování a nejrychlejšího vozu, který pak závodí s malou balzovou formulí poháněnou plynem. Tým se musí rozhodnout, jakou roli každý člen týmu bude mít. Týmy také navrhnu vlastní identitu (v podobě loga a jednotného oblečení), připravují ústní prezentace pro komisi a prezentují portfolio prací. Tým připravuje obchodní plán, vyvíjí rozpočet a zvyšují množství sponzorů. Týmy jsou povzbuzovány , aby spolupracovali s výzvou, která inspiruje studenty k využití informačních technologií a dozvěděli se o aerodynamice, designu, výrobě, sponzorství, týmové práci a o finanční strategii. Známkováná je každá část problému, známky se sečtou aby se našli vítězové z každé školy, regionu a země.

ENG:

The F1 IN SCHOOLS competition is supported by a worldwide companies.F1 in Schools is a competition in which teams consist of three to six students aged 9 to 19. Team uses CAD/CAM software to collaborate, design, analyse, manufacture, test to determination of the best-machining and the fastest car, that then races with miniature gas powered balsa F1 car. Team has to decide which roles each team member will have. Teams also design their own identity (in the form of a logo and team uniform), prepare a verbal presentation for commission and present a portfolio of work. The team prepares a business plan, develops a budget and raises sponsorship. Teams are encouraged to collaborate with challenge that inspires students to usage of IT to learn about aerodynamics , design, manufacture, sponsorship, teamwork and financial strategy. Each section of the problem is marked then marks are added together in order to find the winners from each school, region and country.

# ANALÝZA PROJEKTU

## Tvorba formule F1 a účast na soutěži F1 ve školách

### Řešení problému:

- Rozdělení zodpovědnosti a úkolů v týmu
- Shánění sponzorů
- Návrhy formule
- Výběr nejlepšího návrhu formule
- Vymodelování formule
- Otestování 3D modelu formule ve větrném tunelu
- Případné úpravy formule
- Nasimulování dráhy nástroje CNC
- NC kód
- Výroba formule
- Povrchové úpravy a design
- Výroba plakátů
- Vytvoření technické dokumentace
- Příprava ústní prezentace
- Vyčíslení celkových nákladů a výdajů

### Použité nástroje:

- Autodesk Inventor Professional 2009 (CAD)
- Alpha CAM 7 (CAM)
- Adobe Photoshop
- MS Office 2007
- Balzové dřevo, kolečka, nápravy
- CNC frézka
- Barvy, laky
- Nálepky a loga sponzorů

Tento projekt je součástí soutěže F1 ve školách (<http://www.f1veskolach.cz/>) na které se zúčastníme. Cílem soutěže a projektu je navrhnout model formule a následně ho v CAD systému vymodelovat podle předem určených rozměrových a hmotnostních parametrů. K tomuto navrhování a modelování máme k dispozici CAD program Autodesk Inventor Professional 2009, ve kterém nebude problém tento model formule vymodelovat, neboť Inventor je velmi spolehlivý a výkonný 3D program pro strojírenské obrábění.

Důležití jsou také sponzoři, proto se musíme snažit jich sehnat co nejvíce, abychom měli dostatek financí a mohli z nich platit různé náklady jak už výrobní, tak marketingové.

Další část je vlastní otestování aerodynamiky formule ve větrném tunelu, který je zabudován do programu SOLIDWORKS. Kdyby se nám nepodařilo sehnat program SOLIDWORKS, musíme zaslat formuli do společnosti 3E Praha Engineering, která nám podle zasláných dat analýzu vytvoří a konečný výstup zašle zpět, ale to by trvalo až několik týdnů a tato časová ztráta by mohla znamenat velký problém. Jestliže nám analýza ukáže nepřesnosti v konstrukci modelu, budeme se muset vrátit zpět do návrhu v CAD systému a upravit jej, tak aby formula měla co nejmenší odpor vzduchu a mohla tak dosahovat co nejlepších rychlostních výkonů.

Po otestování aerodynamiky a navrhnutí ideální formule s nejmenším odporem vzduchu musíme navrhnout CNC kód v programu AlphaCAM 7 a nasimulovat obrobení formule. Největší úskalí je v tom, že celá formula je vyrobena z jednoho kusu balzového dřeva a jak je známo, balza je lehké dřevo o hustotě 60-350 kg/m<sup>3</sup>, takže mohou nastat komplikace během obrábění a proto na to musíme brát ohled už při vytváření NC kódu. Od organizátorů nám byly zaslány 4 kusy balzového dřeva o různé hmotnosti. Mysleli jsme, že kusy dřeva budou mít téměř stejnou hmotnost, ale po následném zvážení nám vyšly hodnoty 106, 100, 95, 82g a to jsou značné odchylky ve hmotnosti. Z těchto kusů balzového dřeva musíme vyhotovit 2 identické formule, jedna hlavní formula a jedna záložní. Pokud se nám dřevo při výrobě poškodí, můžeme jej slepit lepidlem, nebo dokoupit další kusy dřeva. Formula musí mít minimální hmotnost 55g a proto musíme brát zřetel na tyto hodnoty a správně musíme vypočítat, kolik bude výsledná formula vážit. Následně musíme zaslat námi vytvořený NC kód spolu s kusy balzového dřeva do podniku, kde nám formuli vyhotoví za finanční obnos. Pokud budeme chtít vyhotovit formuli zadarmo, můžeme využít služeb výrobního centra schváleného pro program Formula 1 ve školách, ale tam pak se nemůžeme přímo podílet na výrobě a délka zpracování bude zajisté také delší. Ve chvíli, kdy získáme prototyp (vyrobený model z balzového dřeva na CNC frézce), dokončíme formuli přidáním náprav, kol, oček (které nám byly zaslány od organizátorů soutěže) a konečné povrchové úpravy. Můžeme také použít vlastní kolečka, které bychom museli vyhotovit, ale přijde mi to zbytečné, protože kolečka, která nám byla zaslána odpovídají přesně parametrům a jsou plně vyhovující. Nerovnosti upravíme pomocí smirkového papíru, abychom se zbavili všech nerovností.

Pak je potřeba navrhnout design, karoserie formule musí vypadat co nejlépe a musí obsahovat soutěžní číslo na obou bočnicích a loga sponzorů. Já bych osobně ladil karoserii do šedivo-žlutých barev, vypadá to vizuálně velmi dobře, ale to záleží na domluvě týmu. Pak je potřeba vyrenderovat 3D model pomocí CAD systému. Bude také potřeba karoserii formule natřít pomocí barev (sprejů) podle předem navrhnutého designu.

Jakmile svůj testovací model kompletně dokončíme, musíme je ozkoušet v testovacích centrech. Testování je pro náš tým velmi důležité, jelikož můžeme vyzkoušet svůj model přímo na startovní dráze a především trénovat naše reakční časy a zvolit tak nejlepšího závodníka týmu. Nejdelší

čas, který můžeme strávit testováním jsou 2 hodiny, tento čas nesmíme přetáhnout, nebo nám nebude umožněn zápis do kalendáře testovacího centra.

Nakonec musíme zhotovit konstrukční dokumentaci zaznamenávající vývoj modelu od prvotního nákresu, analýzy, testování až po výrobu finálního modelu. Tato dokumentace však nesmí přesáhnout 20 stran formátu A3. Dále si musíme připravit ústní a marketingovou prezentaci. Ústní prezentace nesmí přesáhnout 5 minut.

## Plakát

# Žákovský Projekt Formule F1



MACDESIGN





## Úvod

Náš tým se skládá ze tří studentů 4. ročníku (Jaroslav Medek, Vít Pilecký, David Hakl) a tří studentů 3. ročníku (Ivana Janovská, Lucie Černá, Tomáš Hronek), kteří nám s projektem pomáhají a měli by po nás příští rok převzít štafetu do dalšího ročníku soutěže.

Každý člen týmu má svou funkci a tu musí plnit :

Manager týmu: Jaroslav Medek

Výrobní inženýr 1: Vít Pilecký

Design inženýr 1: David Hakl

Grafik: David Hakl

Zastupující manager: Ivana Janovská

Výrobní inženýr 2: Lucie Černá

Design inženýr 2: Tomáš Hronek

Naším hlavním úkolem je navrhnout, zkonstruovat, otestovat, vyrobit a závodit s vlastním modelem formule 1, který je poháněn CO2 bombičkou.

Při navrhování modelu budeme používat CAD software, pomocí kterého vytvoříme design modelu, virtuální větrný tunel, který je určen pro analýzu chování modelu za jízdy, CAM software, s nímž vygenerujeme data pro CNC frézku, která na základě dat vyrobí závodní model.

Součástí soutěže je i příprava ústní prezentace realizované práce, doplněná o prezentaci konstrukční dokumentace, která dokumentuje kompletní návrh, konstrukci a výrobu závodního modelu.

Naší povinností je i zajistit si finanční příjem od sponzorů a hospodařit s ním. Vypracovat rozpočet a účelně financovat cestování a ubytování (týká se dopravy, případně ubytování, spojeného s návštěvou jednotlivých kol soutěže)

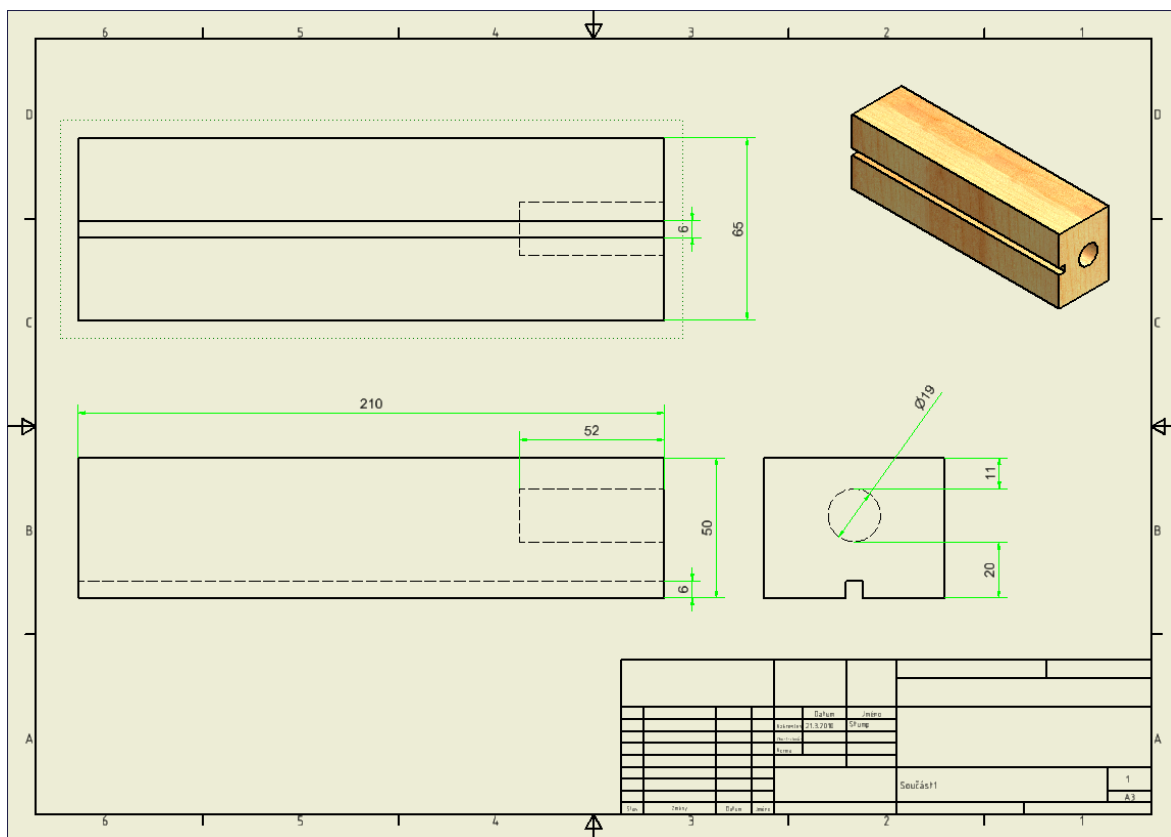
Závodí se na úrovni národních kol (Čechy a Morava), celostátního finále a ve světovém šampionátu. Hlavní výhodou ve světovém finále je stipendium, pro všechny členy týmu, na londýnské univerzitě, obor: „Automobilový inženýr“

## Navrhování vzhledu formule.

Při navrhování formule je výhodné používat CAD programy, z nichž pak můžeme jednoduše navrženou formuli převést do CAM programu, podle kterého se formule následně obrobí.

K navržení vzhledu jsme použili CAD program Autodesk Inventor Professional 2009, který se vyučuje na naší škole a tudíž k němu máme volný přístup.

Navržení vzhledu není tak jednoduché. Pořadatelé soutěže si pro nás připravili přísná rozměrová a hmotnostní pravidla, podle kterých se musíme řídit. Formule je vyrobena z jednoho kusu balzového dřeva o rozměrech 210x50x65 mm a formule se do těchto rozměrů musí vejít. Od pořadatelů soutěže nám byl poskytnut výkres, jaký má balzový kvádr rozměry.



Dále musíme splnit následující požadavky:

Design hotového vozu by se měl podobat skutečným vozům F1 i tím, že bude zahrnovat přední i zadní přitlačná křídla.

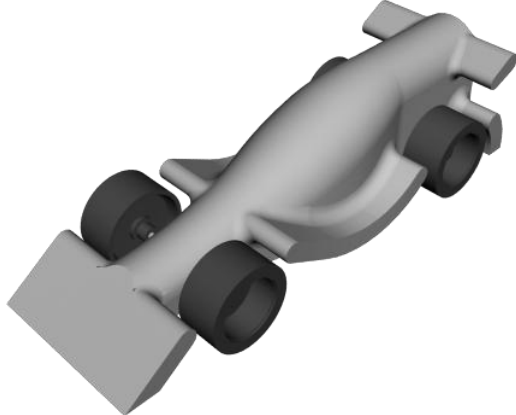
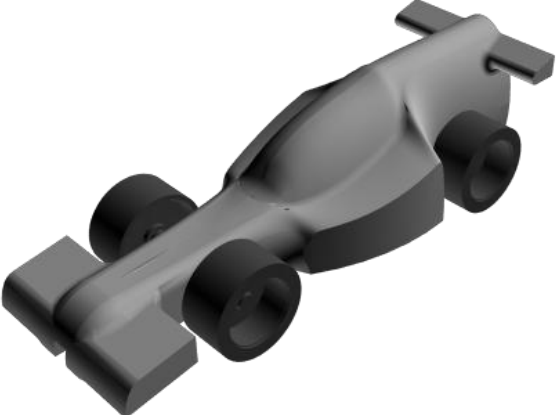

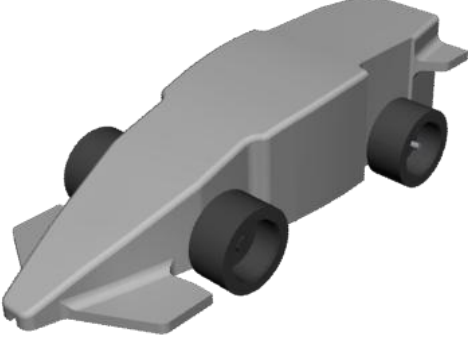

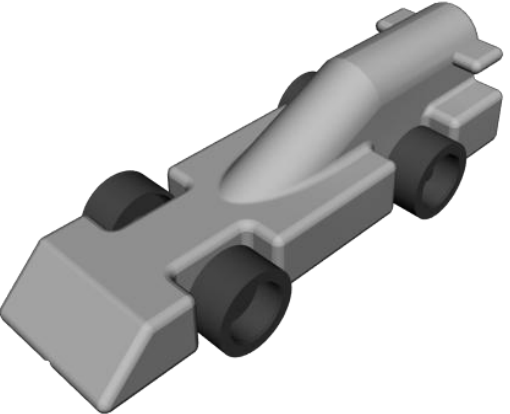
Celé přední křídlo při pohledu z boku musí být před středovou osou přední nápravy.

Celé zadní křídlo při pohledu z boku musí být za středovou osou zadní nápravy.

Spodní část zadního křídla musí být výš než nejvyšší bod zadního kola.

Kola nesmí být uvnitř karosérie, při pohledu shora a z boku by mělo být vidět 100% kola.

Každý člen ze čtvrtého ročníku navrhnul 2 formule v programu Autodesk Inventor Professional 2009, ze kterých jsme se snažili vybrat formuli nejvíce vyhovující.

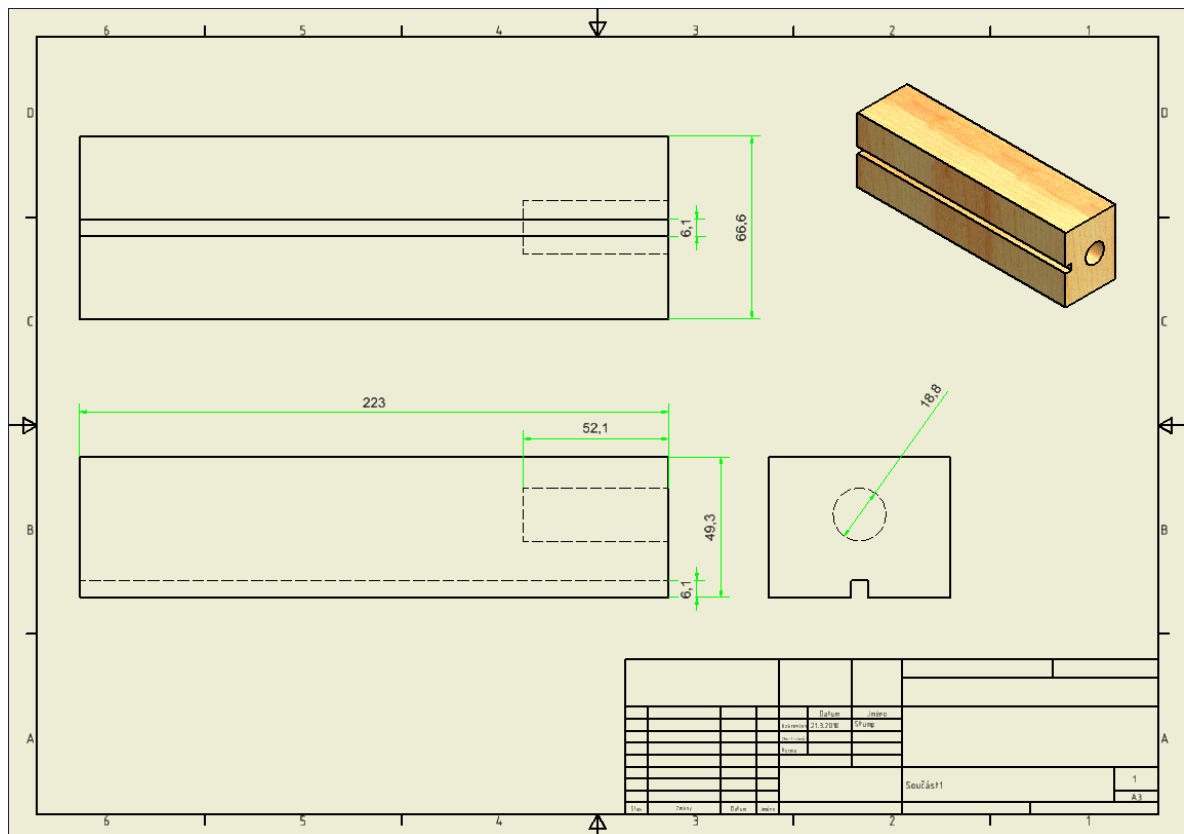
Jméno	Formule č.1	Formule č.2
Hakl David		
Jaroslav Medek		
Vít Pilecký		

Po dohodě všech členů jsme vybrali formuli č.1 od Davida Hakla. Formule vypadá moc hezky vzhledově a má krásně oblé tvary, které budou plus pro aerodynamiku.

Dalším pravidlem soutěže je hmotnost. Hmotnost nesmí přesáhnout 55 g a proto jsme museli vypočítat, kolik výsledná formule bude vážit. CAD Program Autodesk Inventor to hravě zvládá, ale musí znát hustotu materiálu, ze kterého je formule vyrobena, v našem případě to je balzové dřevo. Hustotu balzového dřeva neznáme a proto jsme ji museli sami vypočítat.

Nejprve jsme museli přeměřit balzový kvádr, protože rozměry se liší od rozměrů pořadatelů soutěže a vypočítat z něj objem, hmotnost a následně hustotu.

Rozměry našeho kvádru:



Objem kvádrů:

$$V_1 = 66,6 \times 49,3 \times 223$$

$$V_1 = 732193 \text{ mm}^3$$

Objem drážky:

$$V_2 = 6,1 \times 6,1 \times 223$$

$$V_2 = 8297 \text{ mm}^3$$

Objem zadní díry:

$$V_3 = \frac{\pi d^2}{4} \times 52,1$$

$$V_3 = \frac{\pi * 18,8^2}{4} \times 52,1$$

$$V_3 = 14455 \text{ mm}^3$$

Celkový objem kvádrů

$$V = V_1 - V_2 - V_3$$

$$V = 732193 - 8297 - 14455$$

$$V = 709441 \text{ mm}^3$$

$$V = 709,441 \text{ mm}^3$$

Hmotnosti jednotlivých kvádrů

$$m_1 = 106 \text{ g}$$

$$m_2 = 100 \text{ g}$$

$$m_3 = 92 \text{ g}$$

$$m_4 = 82 \text{ g}$$

**průměr = 95 g**

Hustota kvádrů

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{95}{709,44}$$

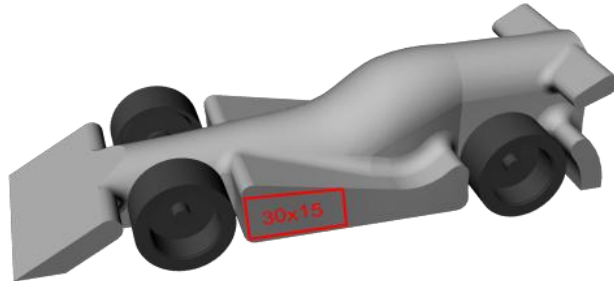
$$\rho = 0,1358 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Průměrná hustota nám vyšla  $0,1358 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  v tabulkách se hodnoty pohybují kolem  $0,06 - 0,35 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

Nyní když nám vyšla hustota, mohli jsme ji zadat do programu Autodesk Inventor a ten nám následně vypočítal hmotnost. Hmotnosti všech formulí se pohybují kolem 60 g.

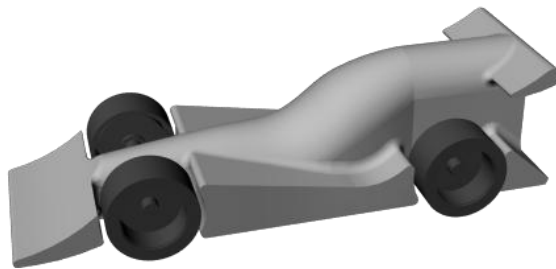
## Úpravy formule

vybraná formule musela podstoupit mnoho úprav aby odpovídala všem pravidlům soutěže a hlavně aby měla co nejmenší odpor vzduchu, kvůli následné aerodynamice.



Úprava č. 1

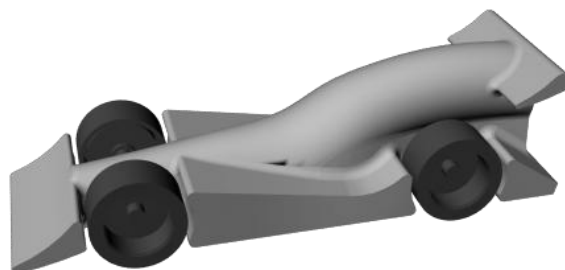
Na Formuli prošly změnou bočnice na které musí být umístěna samolepka s pořadovým číslem o velikost 30 x 15 mm. Samolepka přijde na přední část bočnice. Formule sice odpovídá technickým požadavkům, ale po návštěvě fakulty aerodynamiky na Českém Vysokém Učení Technickém v Praze nám bylo řečeno, že z hlediska aerodynamiky formule nemá správné



řešení a tak následovala další úprava trupu formule.

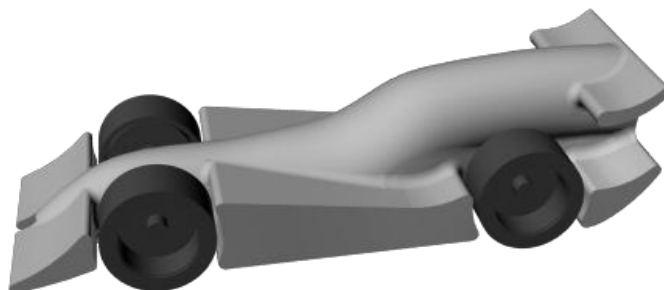
Úprava č. 2

Změna se týkala předního, zadního křídla a části za zadními koly. Formule nemá plynulý přechod trupu vozu a proto následovala další úprava. Tato formule byla na tom s aerodynamikou o něco lépe, ale my jsme chtěli dosáhnout co nejlepšího výsledku a proto bylo nutné udělat další úpravu.



Úprava č. 3

Úprava se týkala předního křídla, části za zadními koly a trupu formule. Trup formule musel mít plynulý přechod, aby ho CAM program pro obrábění dokázal obrobit. Zadní část byla upravena, aby se zlepšil odtok vzduchu za formulí a nedocházelo k velkým vírům. Zjistilo se také, že zadní křídlo nemá ideální tvar.



Úprava č. 4

Formule prošla poslední a konečnou změnou. Přechod na předním křídlem je plynulý a ne-vzniká tam příliš velký tlak při proudění vzduchu. Zadní křídlo bylo upraveno pro nejlepší aerodynamiku a zadní spodní část byla upravena, kvůli správnému odtoku vzduchu.

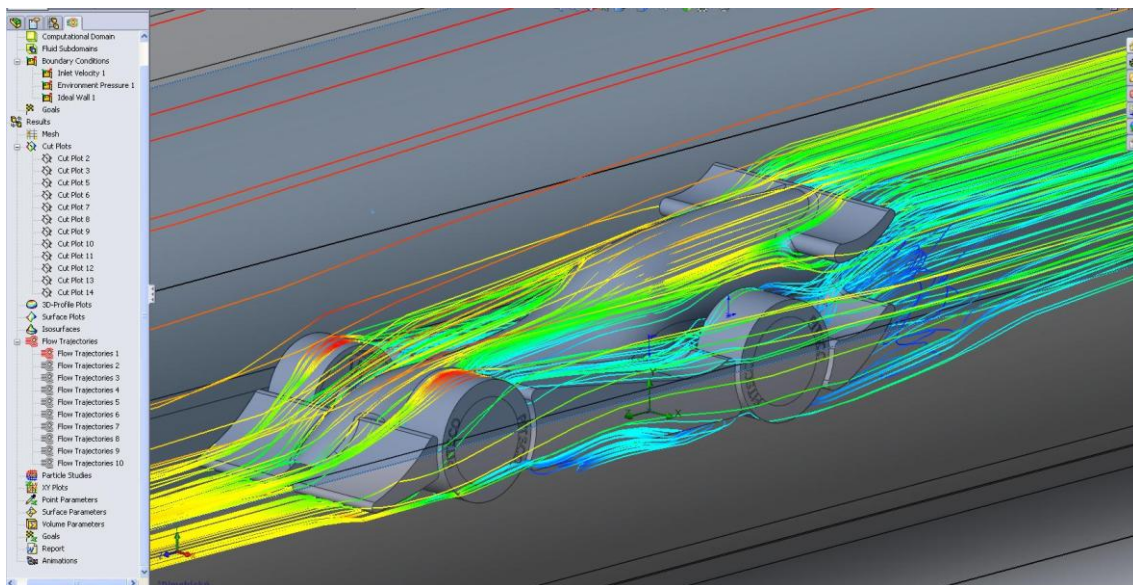
hrany na celém modelu musí mít rádius nejméně 3 mm kvůli obrábění, protože je nutno obrábět kulovou frézku o poloměru 3 mm, Kdyby hrany měli menší poloměr, znamenalo by to, že by se tam frézka nemohla dostat a obrábět tam.

Formule musí splňovat i další rozměrové kritéria, na tyto kritéria se můžete podívat v následující tabulce.

Konstrukční prvek	Min.	Náš rozměr	Max.
Celková délka karosérie*	170	193.8	210
Světlost karosérie nad tratí( vzdálenost mezi tratí a spodní částí formule)	3	5	15
Šířka karosérie v místě bočnic*	50	65	65
Celková šířka vozu včetně kol*	60	65	85
Hmotnost bez CO2 bombičky	55,0	60	
Maximální výška modelu (včetně křidel a kol)		50.5	60
Průměr předních kol (maximální průměr)	26	33	34
Šířka předních kol (v místě kontaktní plochy)	15	16.5	19
Průměr zadních kol (maximální průměr)	26	33	34
Šířka zadních kol (v místě kontaktní plochy)	15	16.5	19
Průměr komory pro patronu s CO2 náplní	19,5	19.5	
Nejnižší bod komory k povrchu tratě*	22,5	25	30
Hloubka otvoru (maximální hloubka)	50	50	60
Tloušťka stěny kolem patrony*	3,5	5.6	
Vnitřní průměr vodítka*	3,5	4	5
Vzájemná vzdálenost vodítek	120	120	190
Šířka zadního/předního křídla	40	65	65
Hloubka zadního/předního křídla*	15	24.65/22.30	25
Tloušťka předního křídla	1,5	12	12
Tloušťka zadního křídla	1,5	5	12

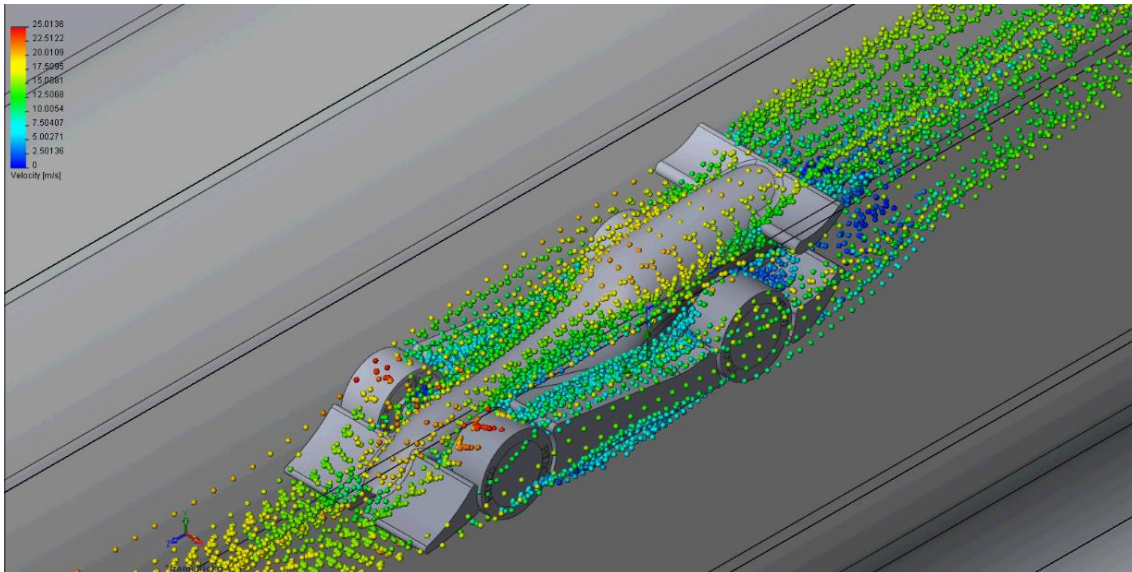
## Aerodynamika

Po návrhu formulky musíme otestovat aerodynamiku formule. S tímto krokem byl problém, neboť nemáme ve škole k dispozici program SOLIDWORKS ve kterém je obsažen virtuální tunel. Je tu možnost poslat model formule do společnosti 3E engineering Praha, kteří spolupracují s organizátory soutěže F1 ve školách. Ti jsou schopni nám formulku otestovat a poslat zpátky výsledky větrného tunelu, jenže na výsledky můžeme čekat i několik týdnů. Pomoc nám poskytla fakulta aerodynamiky ČVUT v Praze, ti jsou schopni nám zajistit program SOLIDWORKS s virtuálním tunelem k nám do školy. Po následné dohodě naší školy s ČVUT v Praze nám byl po několika dnech program nainstalován do školy a mohli jsme si sami otestovat aerodynamiku. Virtuální tunel je ale příliš složitý, proto k nám přichází na pomoc Ing. Schmirler z fakulty aerodynamiky ČVUT v Praze. Je velmi ochotný a se vším nám pomáhá. Po několika lekcích ve virtuálním tunelu jsme sami schopni si otestovat aerodynamiku formulky a dostáváme několik výstupů.

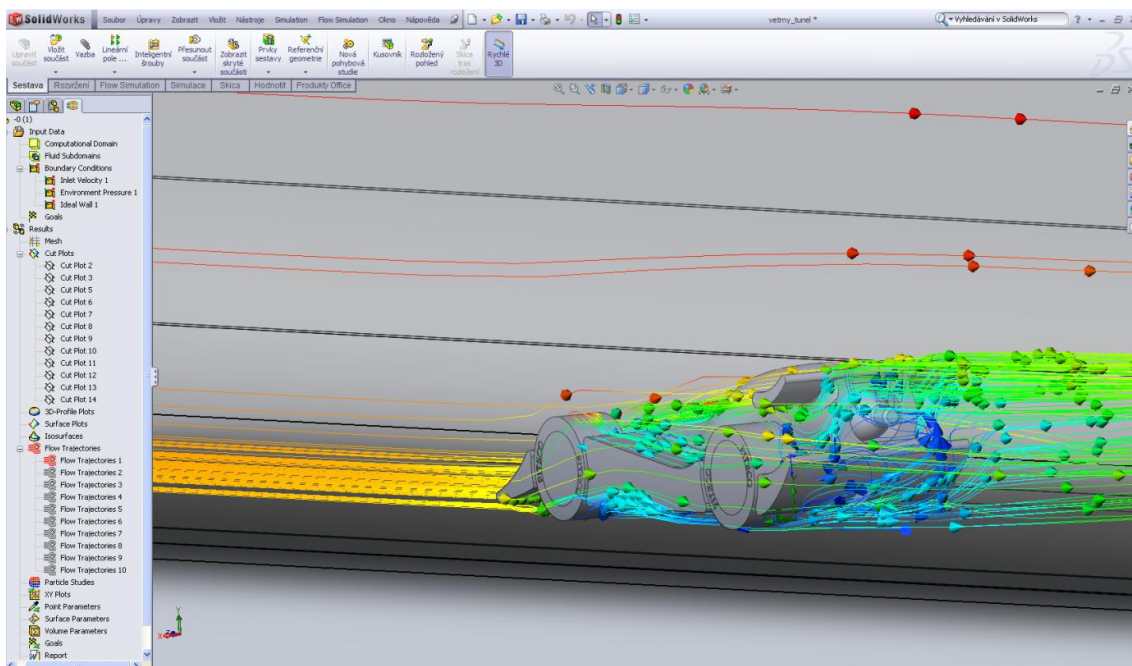


Výstup z virtuálního tunelu 1





Výstup z virtuálního tunelu 2



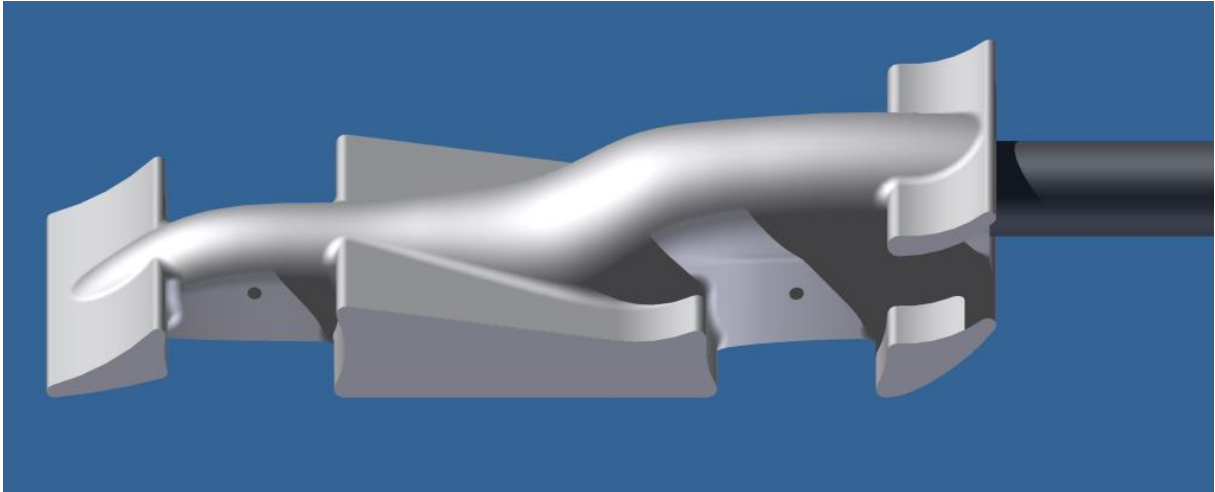
Výstup z virtuálního tunelu 3

Na obrázcích lze vidět, jak formuli obtéká vzduch o rychlosti 25m/s, tento vzduch má simulovat chování formule za jízdy. Na červených místech dosahuje rychlost vzduchu maxima a v modré části minima. Největší rychlosti dosahuje vzduch v horní části předních kol. Nejmenší rychlost má zase za formulí, ale musíme brát v potaz, že tam bude umístěna bombička, která bude vzduch vyfukovat.

## Upnutí formule

Ještě před návrhem CNC programu musíme vyřešit, jak bude formulka upnuta na obráběcím stroji.

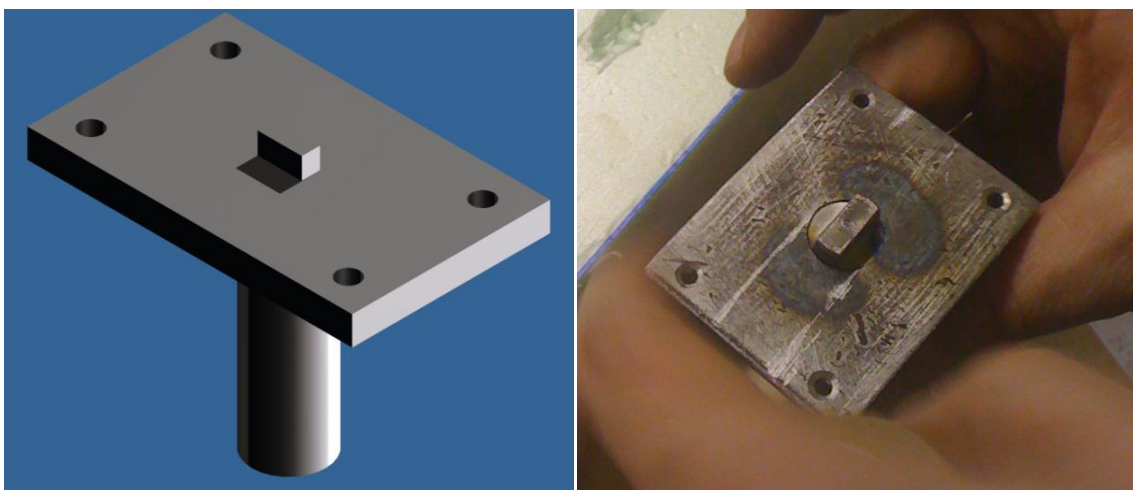
Doporučovaný způsob upevnění je, že do zadní díry formule, kam přijde Co2 bombička se zasune "trn" za který se formulka uchytí



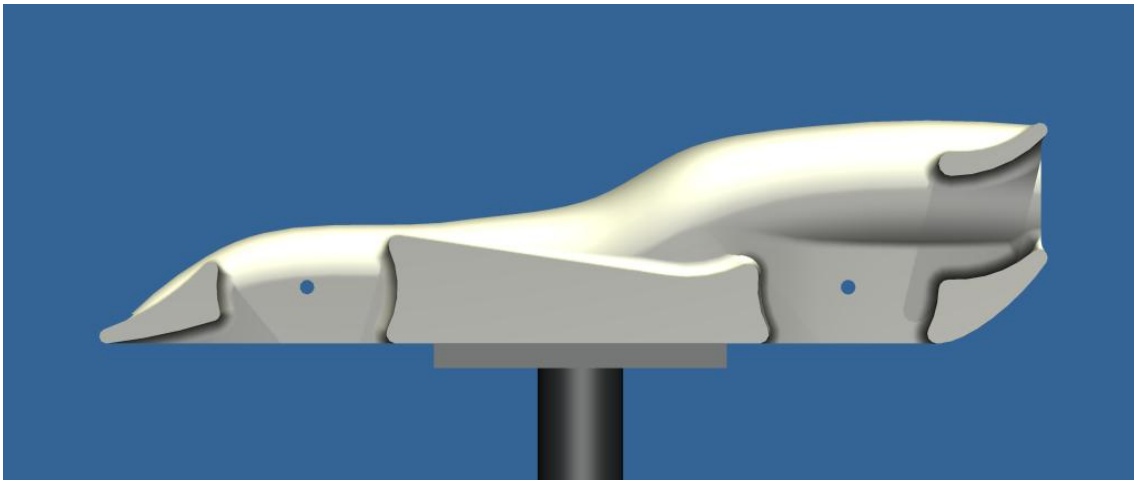
Doporučovaný způsob upnutí formule

Ale tady nastal problém, naše formule obsahuje vychytávku v podobě přesahu zadního horního a spodního křídla. Tento způsob uchycení nemůžeme použít, protože frézka by nemohla zadní část formule obrábět. Museli jsme proto vymyslet jiný způsob uchycení, na kterém frézka může obrábět i zadní část.

Spodní část formule se neobrábí, protože to není potřeba a tak jsme vymysleli nový způsob uchycení. S tímto uchycením nám velice pomohl Bc. Miroslav Palek, který nám vyrobil přípravek se který přesně padne do spodní drážky a se kterým lze formule obrobít. (viz obr.)



upínací přípravek



Formule na upínacím přípravku

Nyní na formuli můžeme obrobit i zadní část. V okolí bočnic a zadního a předního křídla musel být v programu AlphaCam v7 vytvořen fiktivní materiál, aby frézka mohla kolem těchto míst obrábět. Spodní část, kde je upnutí nebude vůbec obráběna, aby frézka do upínacího prvku nenarazila a nepoškodila se

## Obrábění

Nyní když už máme rozmyšleno upnutí formule na CNC stroji nezbyvá nic jiného než navrhnout program, který naší formulku obrobí. Program budeme navrhovat v CAM programu AlphaCAM v7, který se vyučuje na naší škole. z Programu Autodesk Inventor převedeme formulku do AlphaCamu a můžeme začít s návrhem CNC programu. Trup formule je obráběn nejprve z jedné strany a posléze ze strany opačné. Celý program musí být vytvořen tak, aby šel uplatnit na CNC frézce. CNC frézka fakulty aerodynamiky ČVUT neumí obrobít jednu stranu, otočit formuli o 180° a obrobít druhou stranu. Proto musíme navrhnout NC kód pro jednu polovinu formule, ručně frézku otočit o 180° a navrhnout NC kód pro druhou polovinu formule. Zde můžete vidět, jak vypadá začátek našeho NC kódu

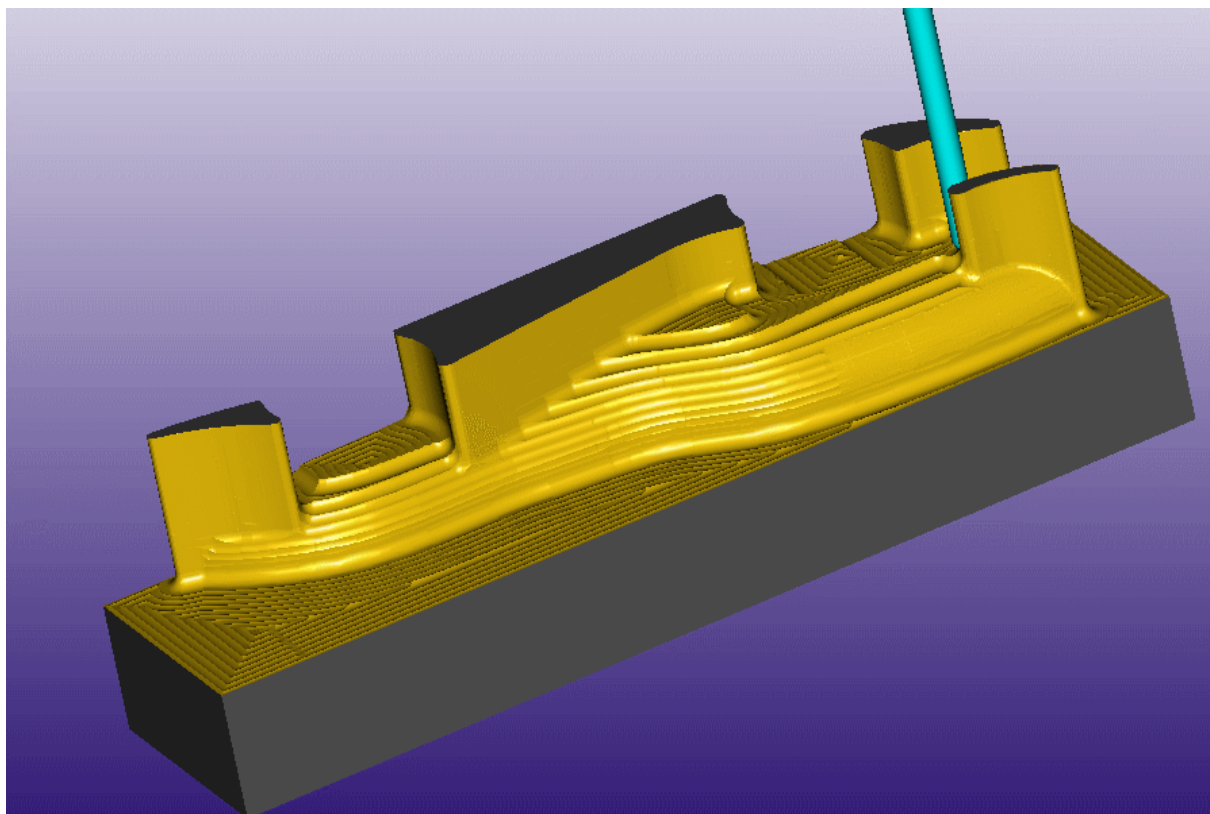
```

VYPIS OPERACI      POST: Alpha Standard 4 Ax Horizontal Mill
-----
OP 1  Z KONTURY HRUBOVÁNÍ  NASTROJ 325  T325, FRÉZA_KULOVÁ_R 3_80
      EFEKTIVNI PRUMER 6, SIRKA REZU 2
      Delka Posuvu: 73129.6  Cas pro OP 1: 1h 13m 52s
OP 2  OBRÁBĚNÍ PLOCH - PARALELNĚ - STĚNY POD ÚHLEM  NASTROJ 325  T325, FR
      EFEKTIVNI PRUMER 6
      OBRÁBĚNÍ PLOCH  NASTROJ 325  T325, FRÉZA_KULOVÁ_R 3_80
      EFEKTIVNI PRUMER 6
      Delka Posuvu: 53288.3  Cas pro OP 2: 1h 20m 05s
-----
Celkova delka Posuvu ..... 126417.8
Cas pro Vymenu Nastroje ..... 0m 10s
Celkovy Cas ..... 2h 34m 07s
-----
Material: standartní ocel
-----
START
'(NC1)
%0000
N5 G71

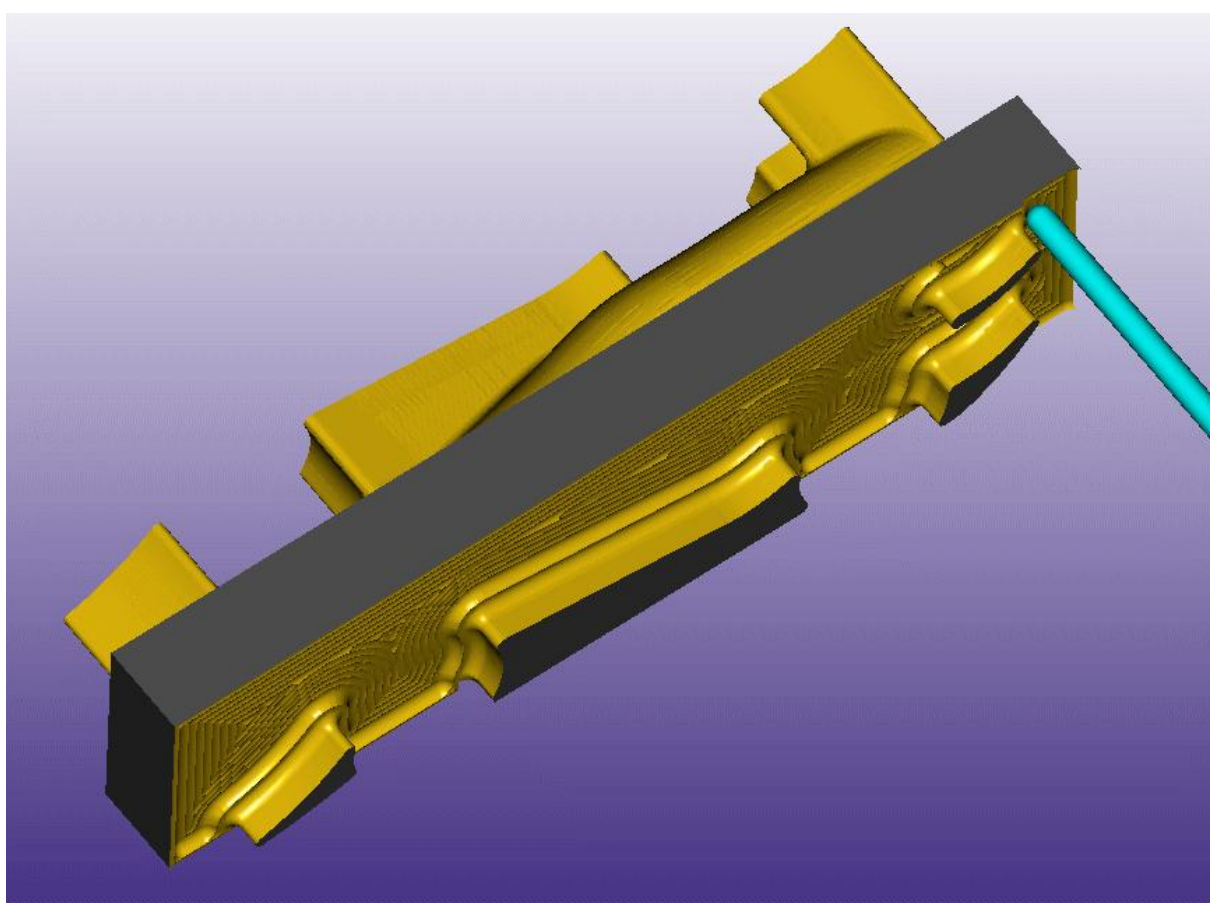
'(OP 1  Z KONTURY HRUBOVÁNÍ  NASTROJ 325  T325, FRÉZA_KULOVÁ_R 3_80)
'(EFEKTIVNI PRUMER 6, SIRKA REZU 2)
N70 L12 R010325
N75 G0 X32.0 Y52.027 S1666
N80 G43 D0325 Z50.0 M3 M9
N85 Z34.9
N90 G1 Z32.5 F167
N95 Y50.027 Z30.5
N100 X30.364 Y51.921 F1000
N105 G3 X22.64 Y56.996 I-16.216 J-16.264
N110 G1 X23.773 Y57.705
N115 G3 X32.0 Y54.31 I13.457 J20.941
N120 G1 Y50.027
N125 X30.44 Y48.776
N130 X32.048 Y46.505
N135 G2 X34.0 Y42.157 I-13.963 J-8.881
N140 G1 Y56.025
N145 G2 X26.599 Y58.364 I2.136 J19.638
N150 G1 X24.364 Y59.739
N155 X23.778 Y60.192
N160 G2 X16.345 Y56.509 I-11.985 J14.848
N165 G1 X18.154 Y56.247
N170 G2 X23.235 Y54.576 I-5.147 J-24.206
N175 G1 X25.921 Y52.994
N180 G2 X29.745 Y49.642 I-11.887 J-17.422
N185 G1 X30.44 Y48.776
N190 Z32.9

```

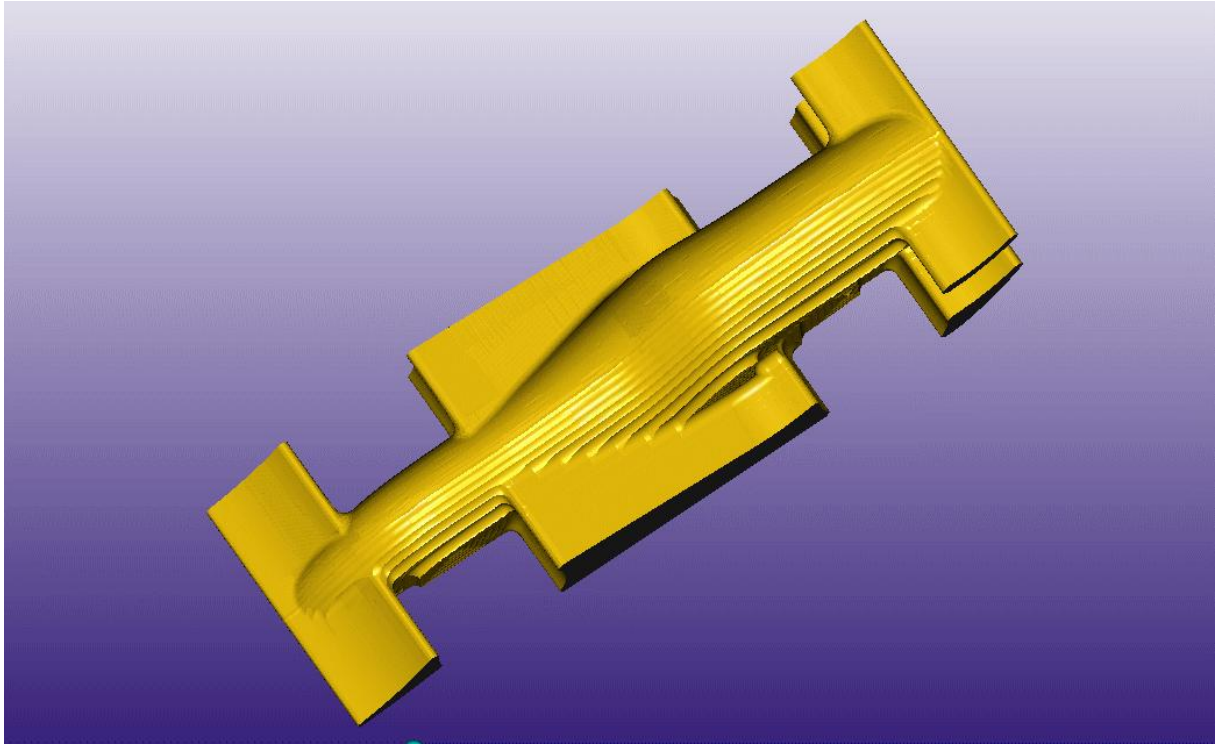




Obrábění pravé strany formule

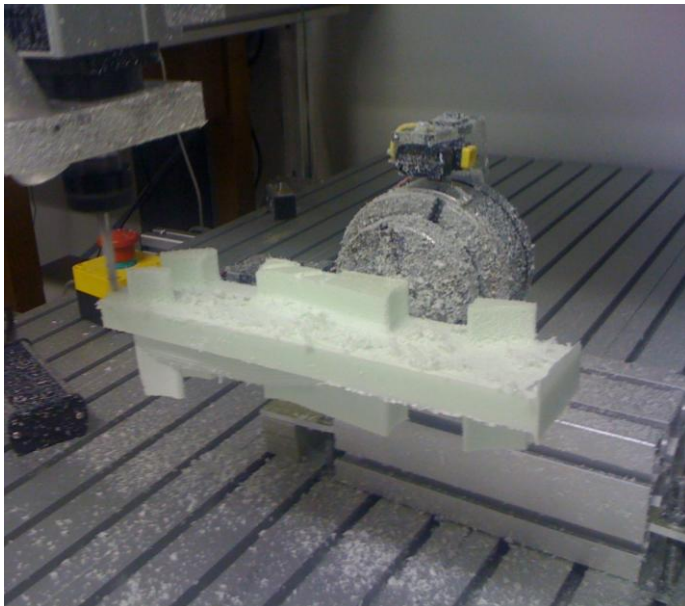


Obrábění levé strany formule



Konečná formule

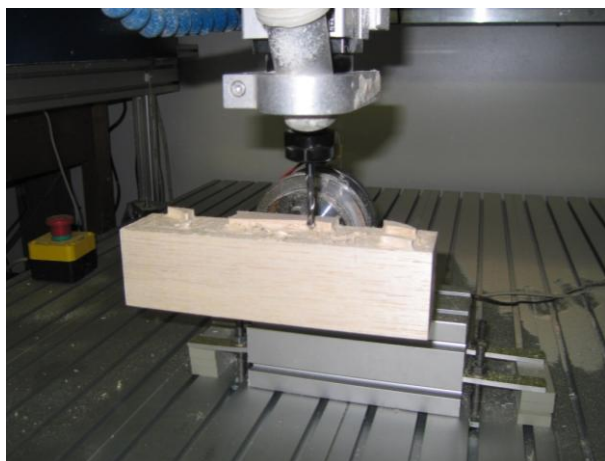
NC kód jsme museli nejprve vyzkoušet v praxi, ale nechtěli jsme zbytečně plýtvat balsovým kvádrem a tak jsme na zkoušku použili montážní polystyren.



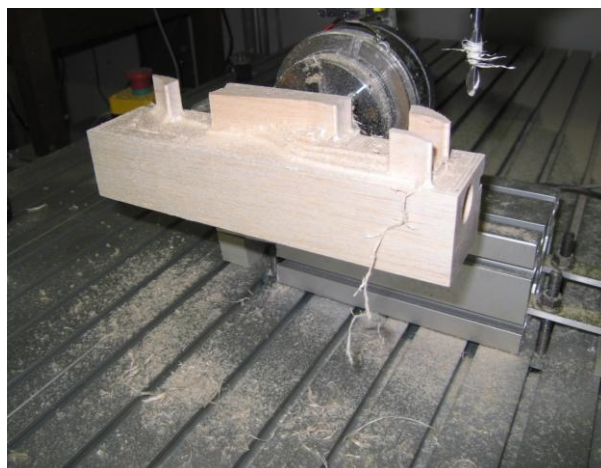
Obrábění z polystyrénu 1

Zjistili jsme, že NC kód není zcela v pořádku, že na začátku obrábění frézka provrtá do formule díru. Zjistili jsme, že v frézka najíždí do nulového bodu a to nám způsobuje nepříjemnosti. Tento problém jsme vyřešili smazáním pár řádku v NC kódu, které tuto chybu způsobovali. Posléze bylo vše v pořádku, obrábění testovací formule z montážního polystyrénu se povedlo výborně a mohli jsme začít obrábět formule z balsového dřeva.

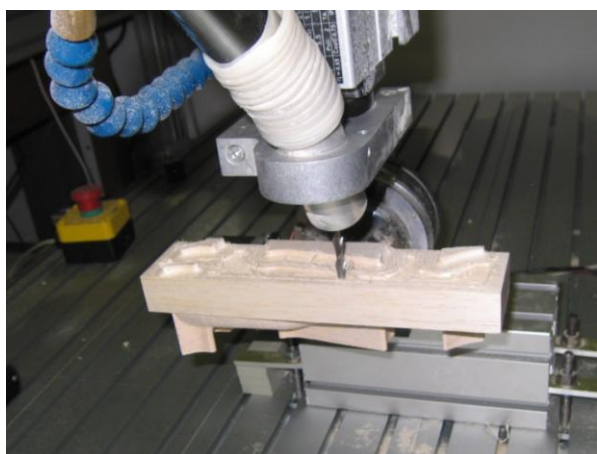




Obrábění formule



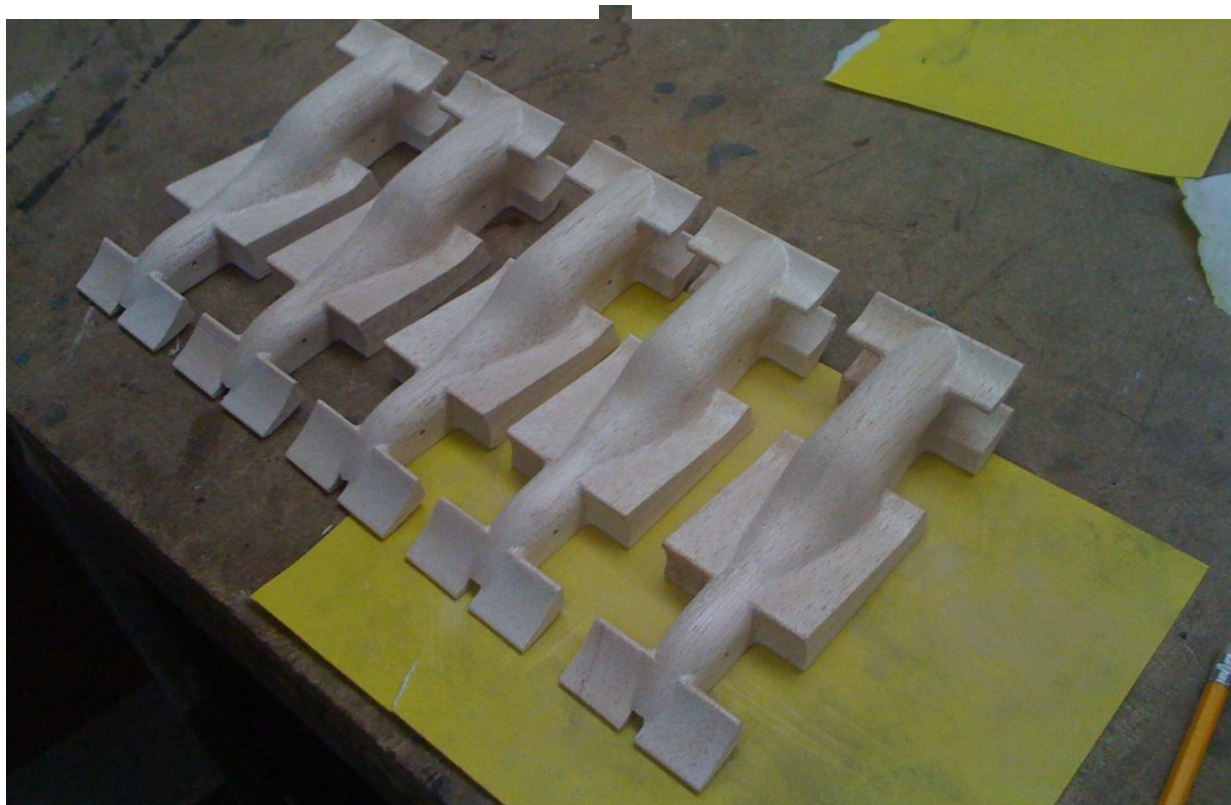
Obrábění formule



Obrábění formule



Formule z polystyrénu a balzového dřeva



Všechny obrobené formule

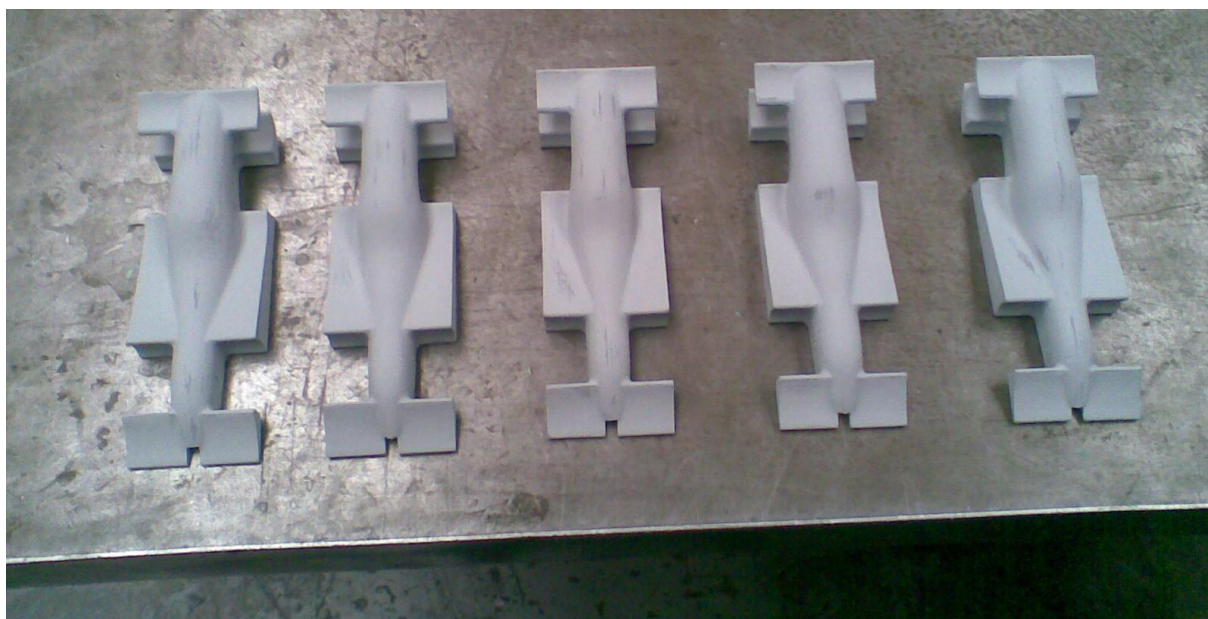


## Povrch formule

Formule je perfektně obrobena, ale to neznamená, že už na ní můžeme přímo nanášet barvy a námi navrhnutý design. Formule je potřeba několikrát obrousit smirkovým papírem a následně formuli nastříkat plničem a tmelem ve spreji. Po každém nástřiku vylezou léta balzového dřeva a proto tyto operace musíme provést nejméně 5x, abychom docílili co nejhladšího povrchu formule.



Nástřik formule plničem ve spreji



všechny formule nastříkané plničem



## Design formule

Když jsme byli s formulemi spokojeni, zbývá ji graficky doladit.

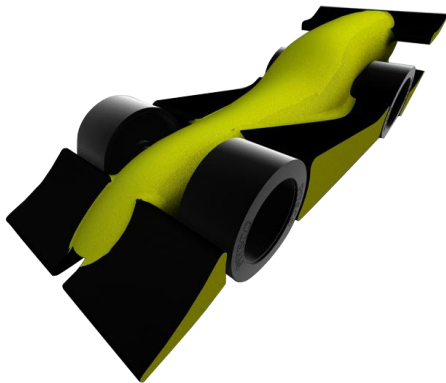
Na výběr máme několik grafických návrhů, které náš tým vytvořil v programu Cinema 4D, do kterého jsme formulku převedli z programu autodesk Inventor Professional 2009.



Grafický návrh č. 1



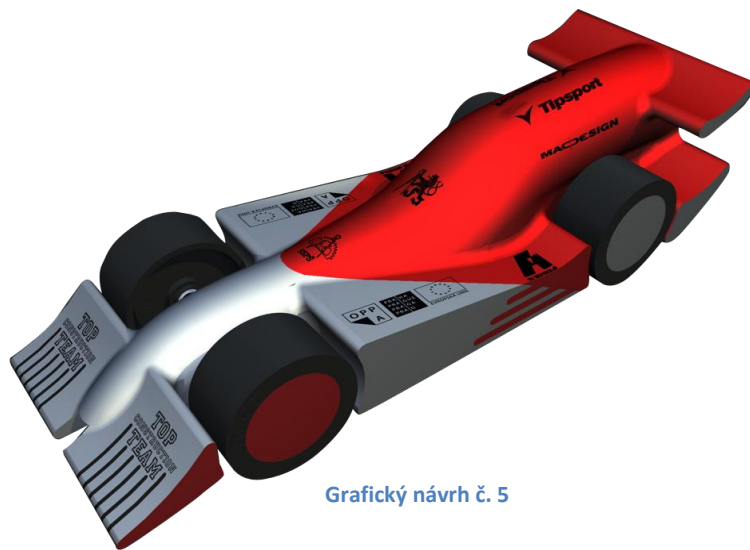
Grafický návrh č. 2



Grafický návrh č. 3



Grafický návrh č. 1

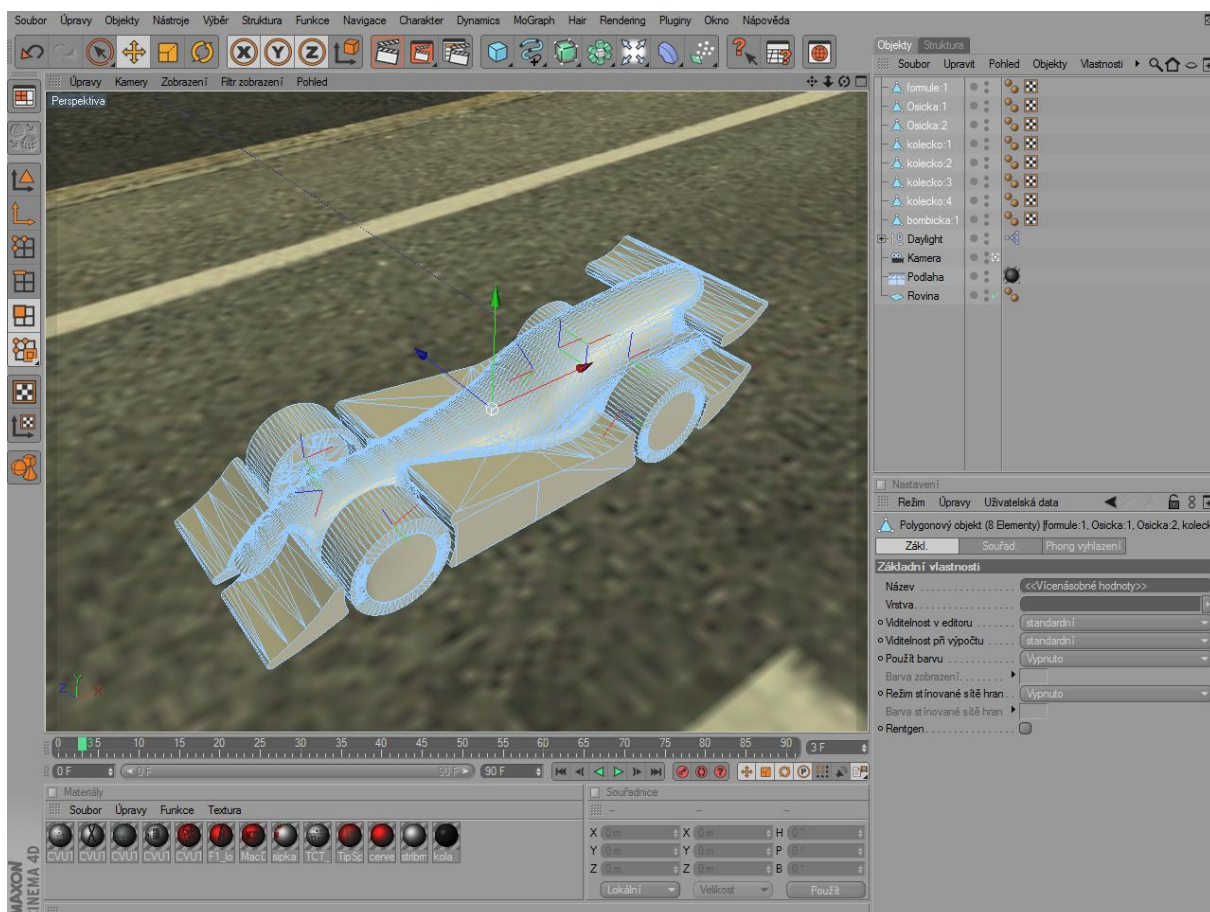


Grafický návrh č. 5

## Postup při tvorbě grafického návrhu

Náš tým se společně shodnul na grafickém návrhu č.5 od Davida Hakla. Na formuli je obsažen název týmu na předním křídle formule a jsou na něm vidět všichni naši sponzoři. Nyní Vám ukážu postup, jak se tvoří takový design.

Nejprve naimportujeme námi vytvořenou formulku z programu Autodesk Inventor Professional 2009 do programu Cinema 4D ve kterém je design navržen.



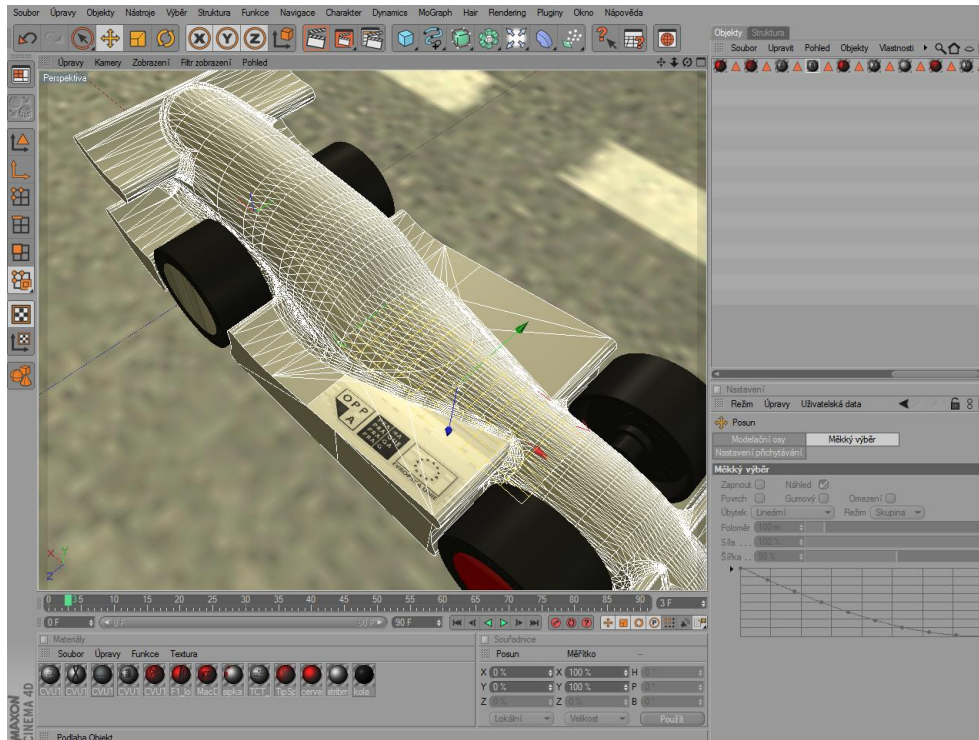
Převedená formule do programu Cinema 4D

Dále si musíme vytvořit textury, které budeme na formuli nanášet.



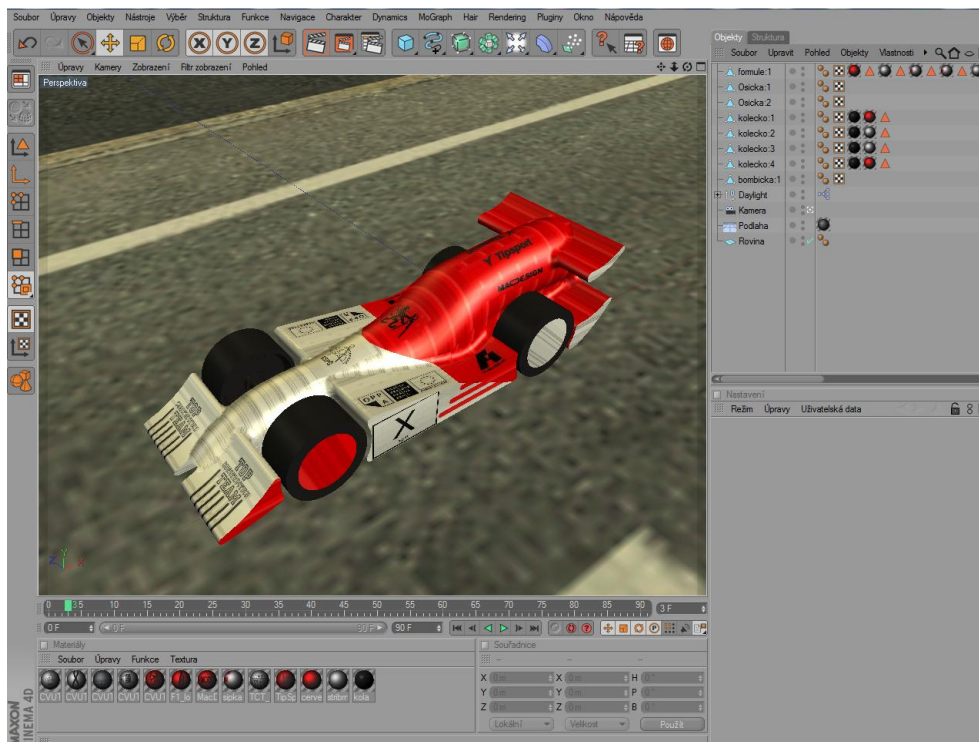
Textury

Pak stačí vybrat jednotlivou oblast, kam chceme texturu nanést a přes mapování ji tam aplikovat.



Nanášení textur

Po aplikování všech příslušných textur na svá místa dostáváme finální výsledek



Finální formule



## Nanášení grafického designu na formule

Tento finální render byl rozeslán sponzorům, zda souhlasí s umístěním jejich loga na modelu, abychom předešli případným nesrovnalostem. Po schválení a vyjádření spokojenosti všech sponzorů jsme se mohli vydat design „zhotovit“. Nejprve však bylo nutné vymodelovat šablonu umožňující zhotovení pruhů na bočnici. Bylo také potřeba koupit barvy. Volba padla na stříbrný sprej o odstínu „bílý chrom“ a červený sprej „dopravní červená“, která byla sice odlišná od naší původní představy, ale po krátké poradě týmu jsme dospěli k názoru, že na tomto světlejším odstínu budou loga lépe vidět a budou výraznější. Nástřík začal stříbrnou barvou, pod kterou ještě přišel podklad v podobě plniče. Po nastříkání stříbrné zavládl úžas. Barva měla nečekaně pěkný a hrubý rastr. Počkali jsme tedy, až barva zaschne. Poté jsme vzali pásku a model s ní oblepili na místech, kde byla následující červená barva nežádoucí.

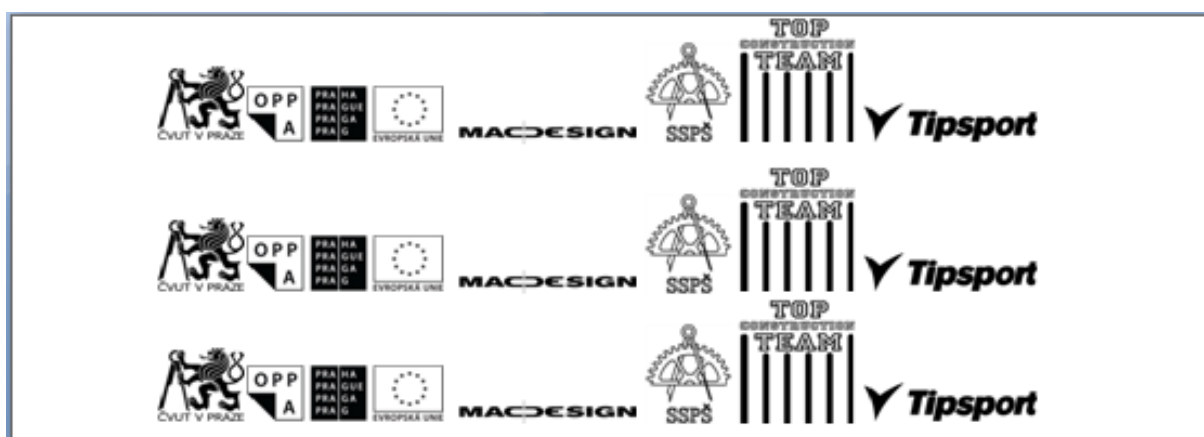


Polepená formule



Polepování formule

Nástřík červené barvy muselo probíhat velmi opatrně, aby nedošlo v podtečení pásky a následnému rozmazání barvy. To se sice nepovedlo na sto procent, ale myslím, že výsledek je uspokojivý. V tuto chvíli jsme museli opět chvíli počkat, abychom mohli pásku sundat bez porušení barvy. Po odlepení pásky jsme byli příjemně překvapeni vcelku svěží kombinací obou barev. Dále následovala loga. Náš původní záměr byl, že bychom loga nechali na model vypálit laserem. Ten je však na toto velmi silný, a tak nám náš zkušební model lehce propálil. Nehledě na to, že laser není schopný během práce měnit vzdálenost ohniska, tudíž je nemožné vypalovat na nerovný povrch. Proto jsme tento způsob zcela zavrhl. Přišli jsme s nápadem aplikovat loga sponzorů vodotiskem. Všem se tento způsob líbil, ale dosud s ním nikdo neměl zkušenosti. Nezbývalo nic jiného, než to zkusit. Zakoupili jsme papír na vodotisk a následně jsme ho chtěli potisknout logy sponzor. Tisk probíhal na laserové tiskárně fakulty aerodynamiky na ČVUT v Praze, ale tisk se nezdařil. Papír se přiškvařil na válec tiskárny a proto jsme museli najít jiné řešení. Nechali jsme si papír na vodotisk potisknout přímo v COPYcentru a vše bylo v pořádku.



ukázka log sponzorů

Loga se posléze musela rozřezat na jednotlivá loga, ale to nebyl žádný problém. Loga se namáčí do vody, kdy po chvíli se z nich odloupne tenká průhledná vrstva a logo se přiloží na formuli a nechá zaschnout. Výsledkem je vysoce tenká vrstva s kontrastním logem.

Nakonec přišel na formuli lak, který krásně celou formuli sjednotil.

## Výroba koleček

Formule je téměř hotová, až na kolečka. Kolečka jsme nechali původní od pořadatelů soutěže, jenom prošly radikální úpravou.

Chceme umístit do každého kolečka 2 ložiska, aby kolečko perfektně drželo a dobře se otáčelo. Kolečko bylo upraveno tak, aby z každé strany mohlo být umístěno ložisko.

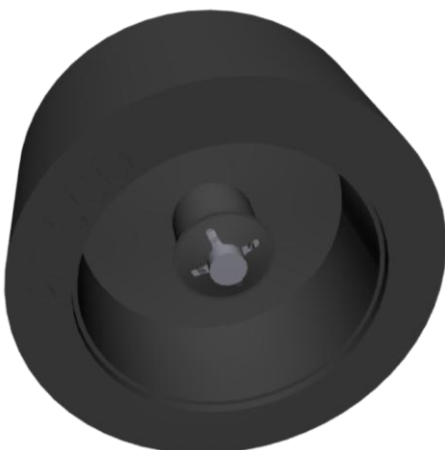
Osička je sesoustružena na vnitřní poloměr ložiska a kolečko na vnější poloměr ložiska. Všechno krásně do sebe zapadá, a kolečko nemůže popojíždět ke směru trupu formule. Z opačné strany je vše zajištěno quicklockem, který zabraňuje popojíždění kolečka od trupu formule. Ložiska jsou do kolečka přilepena vteřinovým lepidlem.



Venkovní strana kolečka



Vnitřní strana kolečka

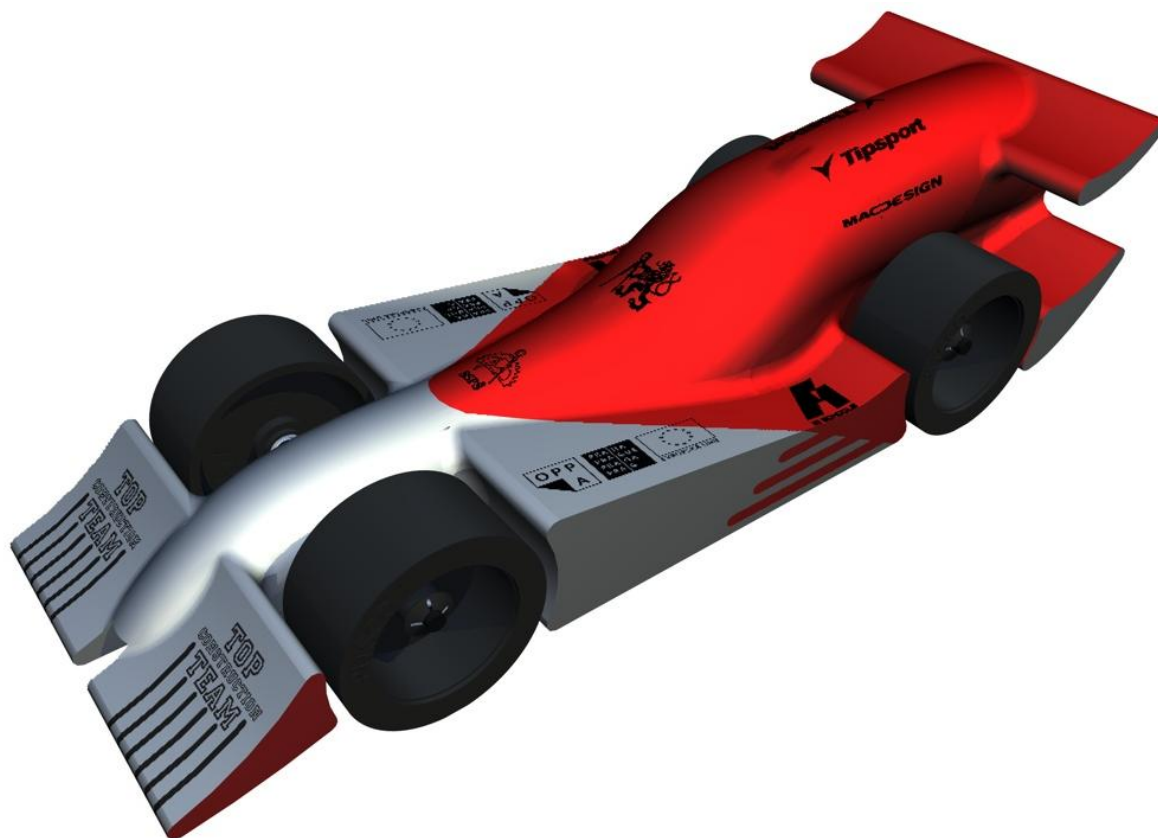


Zkompletované kolečko



quicklock

Když už máme vyrobeny všechna kolečka na všechny formule, nezbyvá nic jiného, než to celé zkompletovat. Do trupu formule přijdou osičky, které jsou do trupu formule přilepeny vteřinovým lepidlem. Následně se na osičky nasadí kolečka, která se zajistí quicklockem.



Finální formule

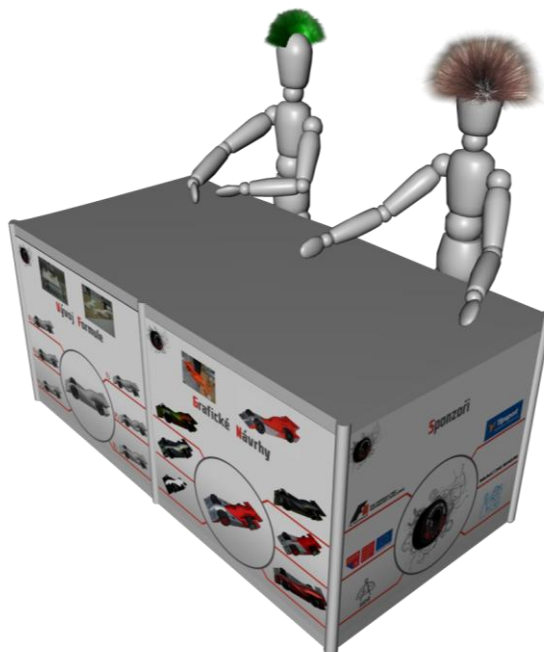


## Prezentační panely

Naším dalším úkolem je navrhnout prezentační stánek, ve kterém budeme na soutěži prezentovat naši práci. Stánek je složen ze dvou boxů o rozměrech 950mm x 860mm.



Rozměry prezentačního boxu



ukázka našeho boxu



Perspektivní pohled č. 2



Perspektivní pohled č. 1

Můžeme polepit všechny strany boxu, ale zadní strany je zbytečné polepovat, protože tam budeme stát. Navrhli jsme stánek tak, aby na něm byl vidět veškerý postup při vytváření formulky.

Prezentační stánek necháme polepit lepicími fóliemi, které nám vyrobí náš sponzor TipSport po dodání podkladů.



## Testování formule

Testování probíhalo přímo v testovacím centru v Kolíně, kde jsme měli možnost přímo vyzkoušet naší formuli. Testování probíhalo na dráze, na které se bude závodit i na soutěži a proto bylo nezbytné formuli vyzkoušet, jak se bude chovat za jízdy. Na dráze se měří reakční čas člena týmu a celkový čas, za který formule dráhu projede. Testování se samozřejmě zúčastnili všichni ze 4. ročníku spolu i s Ing. Karlem Fuksou.

Reakční časy jednotlivých členů týmu a celkové časy formule jsou znázorněny v následující tabulce. Všechny časy jsou ve vteřinách.

Jaroslav Medek			David Hakl			Vít Pilecký		
reakční čas	celkový čas	čas formule	reakční čas	celkový čas	čas formule	reakční čas	celkový čas	čas formule
0,157	1,489	1,332	0,132	1,492	1,36	0,185	1,489	1,304
0,174	1,475	1,301	0,185	1,518	1,333	0,193		
0,163	1,48	1,317	0,164			0,15		
0,186			0,153			0,176		
0,168			0,159			0,159		
0,16			0,141			0,205	1,527	1,322
0,136			0,114			0,164	1,501	1,337
0,168	1,568	1,4	0,18	1,49	1,31			
0,15	1,484	1,334	0,157	1,457	1,3			
			0,237	1,464	1,227			
			0,195	1,499	1,304			
průměr		průměr	průměr		průměr	průměr		průměr
<b>0,162</b>		<b>1,337</b>	<b>0,165</b>		<b>1,306</b>	<b>0,176</b>		<b>1,321</b>

Průměrný čas  
formule: **1,321**

Nejlépe s reakčním časem na tom je Jaroslav Medek 0,162s. Za ním následuje David Hakl s reakčním časem 0,165s a pak Vít Pilecký s časem 0,176s.

Na konec se můžete podívat, jak závodní dráha ve skutečnosti vypadá.



Závodní dráha



Příprava na start

## Závěr

Chtěli bychom hlavně poděkovat všem našim sponzorům, kteří nám velice s tímto projektem pomáhali a dodávali nám potřebné věci. Poděkování patří také konzultantovi Karlu Fuksovi, který nám byl velmi nápomocný a se vším nám radil a také garantovi Ing. Zápotockému Jaroslavovi, který nás po celý rok připravoval na soutěž.

Až na menší neshody v týmu vše probíhalo v klidu a míru. Jsem rád, že jsem si zvolil tento projekt, neboť díky němu jsem nabyl nových vědomostí z modelování a obrábění v praxi.

Všechny soubory, které jsem odevzdával při jednotlivých kontrolách budou k dispozici jak na virtuální škole Smíchovské střední průmyslové školy, tak na CD.

## **Seznam použitého softwaru:**

- Adobe Photoshop
- Autodesk Inventor Professional 2009
- AlphaCam v7
- MS Office

## **Seznam příloh:**

1. CD
  - 1.1. Videá
  - 1.2. Obrázky
  - 1.3. Technické výkresy
2. Fotografie
3. NC kód