

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví a doprava

RC model Tatra 815 „Dakar“

Ondřej Hurina

Moravskoslezský kraj

Ostrava 2022

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví a doprava

RC model Tatra 815 „Dakar“

RC model Tatra 815 „Dakar“

Autor: Hurina Ondřej

Škola: Střední průmyslová škola, Ostrava – Vítkovice, příspěvková organizace, Zengrova 822/1, Vítkovice, 703 00 Ostrava

Kraj: Moravskoslezský kraj

Konzultant: Ing. Vladislava Sokolová

Ostrava 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Ostrava dne 1. 3. 2022

Hurina Ondřej

Poděkování

Rád bych touto formou poděkoval mé třídní učitelce paní Ing. Vladislavě Sokolové za ochotu a pomoc při psaní této odborné práce a paní Ing. Andrei Modrovské za získání finančních prostředků k realizaci projektu. Poděkování tím patří i statutárnímu městu Ostrava, jelikož „Projekt je realizován s finanční podporou statutárního města Ostrava“. Tento projekt byl realizován v rámci „Programu na podporu vzdělávání a talentmanagementu na území statutárního města Ostrava pro rok 2021“.

V neposlední řadě bych rád poděkoval Střední průmyslové škole Ostrava-Vítkovice, příspěvkové organizaci za zpřístupnění školních učeben a tiskáren pro tento projekt.

Anotace

Ve své práci SOČ jsem se zabýval stavbou a konstrukcí modelu TATRA 815 za pomoci dostupných metod a technologií. SOČ práce se také zabývá strojírenstvím a celou škálou technologií ve strojírenském odvětví. Pro samotnou výrobu byla použita technologie 3D tisku. S touto technologií se bylo třeba podrobně seznámit a zjistit jaké jsou výhody a naopak úskalí této metody výroby.

Klíčová slova

TATRA 815; 3D tisk; Konstruování

Annotation

In my work SOČ I dealt with the construction and design of the TATRA 815 model using available methods and technology. SOČ thesis also deals with engineering and a whole range of technologies in the engineering industry. 3D printing technology was used for the production itself. It was necessary to get acquainted with this technology in detail and find out what are the advantages and conversely the pitfalls of this method.

Keywords

TATRA 815; 3D printing; Construction

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Historie tatroy	9
3	3D tisk.....	10
3.1	SLA (Stereolitography)	10
3.2	SLS (Selective Laser Sintering).....	11
3.3	FDM/FFF (Fused Deposition Modeling/Fused Filament Fabrication).....	12
3.4	MJ (Material Jetting).....	13
4	Materiály	14
4.1.1	PLA.....	15
4.1.2	ABS.....	15
4.1.3	PETG	16
5	Alternativní způsoby výroby	17
5.1	Soustruh.....	18
5.2	CNC a NC stroje	20
5.3	Frézka.....	22
6	Konstrukce modelu	24
6.1	Konstrukce podvozku a převodovky.....	24
6.2	Konstrukce kabiny a nadstavba vozidla.....	28
7	Sestavení modelu	31
8	Návrhový výpočet.....	33
9	Závěr	38
10	Použitá literatura	39
11	Internetové zdroje	39
12	Seznam obrázků.....	40

1 ÚVOD

V současné době můžeme celosvětově pozorovat rychlý nárůst nových technologií, do kterých bezesporu spadá i technologie 3D tisku. Tato moderní technologie od doby svého vzniku prošla obrovským technologickým skokem, dochází k vývoji nových materiálů i způsobu tisku 3D objektů. Mezi nejčastější využití 3D tisku dnes patří prototypování, vzdělávání, výzkum, vývoj a výroba. Počátky 3D tisku byly založeny na principech průmyslového prototypování jako prostředku k urychlení nejrannějších fází vývoje produktu, což umožňuje rychlejší a efektivnější dosažení více interakcí produktu a dosažení optimálního řešení. Prototypování je pravděpodobně největší, i když někdy přehlíženou aplikací 3D tisku v současnosti. Průmysl neustále hledá nové a inovativní způsoby výroby a v posledních letech byl v popředí. Pokroky v technologii 3D tisku, vybavení a materiálů vyústilo do snížení nákladů, což umožnilo 3D tisku stát se dostupnějším způsobem výroby. Výroba zařízení obvykle vyžaduje několik kroků sestavených tak, aby umožňovaly hromadnou výrobu. Výrobci mohou pomocí 3D tisku vytvářet zařízení jako jeden díl bez nutnosti montáže. Současné moderní 3D tiskárny jsou schopny kombinovat i více materiálů najednou. Nabízí větší svobodu v designu, protože může eliminovat potřebu spojů, což umožňuje vyrobit zařízení různých tvarů a velikostí. Zatímco internet a elektronický obchod přinesly prudkou globalizaci, díky technologii 3D tisku se může spotřebitelský svět cítit lokálnější. Můžeme pozorovat, jak společnosti investují nemalé prostředky do vývoje technologie 3D tisku, což se následně projevuje snížením nákladů na prototypovou výrobu a v nemalé míře na snížení odpadu při této výrobě. Tato technologie 3D tisku je zvláště vhodná pro výrobu spotřební elektroniky, domácí hobby tištění, průmysl, ale také stavbu domů.

Cílem této práce je prezentace konstrukce, sestavení a oživení RC modelu vozidla TATRA 815, ve specifikaci „DAKAR“ za pomoci dostupných 3D tiskáren a materiálů určených k 3D tisku. Pro model vozidla TATRA 815 „DAKAR“ bylo zvoleno měřítko 1 : 10, což znamená, že model je 10x menší než originální vůz. V rámci dostupných možností a technologií je model vozidla TATRA 815 „DAKAR“ zkonstruován za účelem prezentace veřejnosti technologií 3D tisku.

Vytvořil jsem návod sestavení pro širokou veřejnost, sám vymodeloval a zveřejnil ve formátu .stl soubory pro 3D tisk na webových stránkách školy. Dále jsem tři spolužáky vedl v týmu tak, aby nad mými zkušenostmi přemýšleli, organizovali, prohloubili si své znalosti, obohatili se a rozvíjeli se. Řídil jsem montáž dalších tří aut vytištěných na 3D tiskárnách v prostorách školy. Přínosem pro cílovou skupinu byla podpora technického a logického myšlení, zručnosti a vznik námětu k obohacení propagace města Ostrava a naší školy. Cílem byla také motivace pro veřejnost a další hobby nadšence.

2 HISTORIE TATRY

Česká automobilka TATRA je jedním z nejstarších výrobců automobilů ve střední Evropě a druhým nejstarším na světě. Historie společnosti TATRA sahá až do roku 1850, kdy začala s výrobou kočárů a bryček, postupem času začala vyrábět nákladní železniční vagóny. První osobní automobil TATRA Präsident byl postaven v roce 1897 a o rok později byl vyroben i první nákladní automobil TATRA 1898. V této době ještě společnost TATRA používala motory BENZ. V roce 1906 začala automobilka TATRA s výrobou vlastních zážehových motorů. Rok 1914 byl pro automobilku TATRA přelomový, neboť zahájila sériovou výrobu nákladních automobilů typ NW TL-2 a TL-4. Mezi legendární vozidla TATRA patří TATRA 138, TATRA 813, TATRA 815. Nejnověji je v automobilce vyráběn automobil TATRA 815-7.

Nákladní automobil TATRA 815 patří do řady těžkých nákladních automobilů a je důležitým prostředkem automobilové služby s podvozkem 4x4, 6x6 nebo 8x8.

TATRA 815 je určena k provozu ve velmi obtížném terénu. Po absolvování testovacích jízd, nejen na testovací dráze závodu TATRA, ale také na ruské Sibiři, kde byly zkoušeny těžké terénní a klimatické podmínky, byla TATRA modelu 815 v roce 1983 uvedena na trh. Model 815 navazuje na koncepci předchozích modelů TATRA 138 a TATRA 148.



Obr. 1 Dakarský speciál [1]

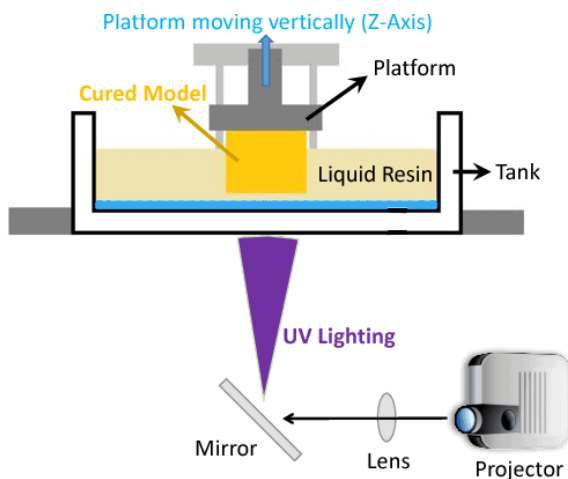
3 3D TISK

3D tisk za užití plastových materiálů umožňuje rychlé vytváření kvalitních prototypů. Pokrok v oblasti materiálů a technologií nabízí také příležitosti k vytvoření funkčních děl a sestav vhodných pro nejen pro kusovou, ale i pro hromadnou výrobu. Nejpoužívanější a nejznámější technologie 3D tisku jsou SLA, SLS, FDM/FFF a MJ.

Všechny tyto metody 3D tisku využívají princip nanášení jednotlivých vrstev materiálu na sebe, čímž se postupně vytváří 3D model. Jako materiály se používají především plasty PLA a ABS. Nicméně v současné době již existují speciální 3D tiskárny, které jsou schopny tisknout objekty z kovu, dále ze stavebních materiálů, jako je například beton, ale i z kompozitních materiálů. Existují různé technologie 3D tisku.

3.1 SLA (Stereolitography)

Stereolitografie je zkráceně označovaná jako technologie tisku SLA 3D tisk. Jedná se o jednu z nejpoužívanějších a nejrozšířenějších technologií v oblasti aditivní výroby. Tisk používá vysoce výkonný laser, který sleduje předem stanovenou dráhu, k vytváření kapalné pryskyřice (resinu) nacházející se v nádrži po vrstvách, aby se vytvořil požadovaný 3D objekt. Posledním krokem je čištění objektu, který je nasáklý tekutou pryskyřicí a odstraňování opěrných konstrukcí. Při výrobě součástek v důsledku procesu odlupování a čištění se mohou vyskytnout rozměrové odchylky.



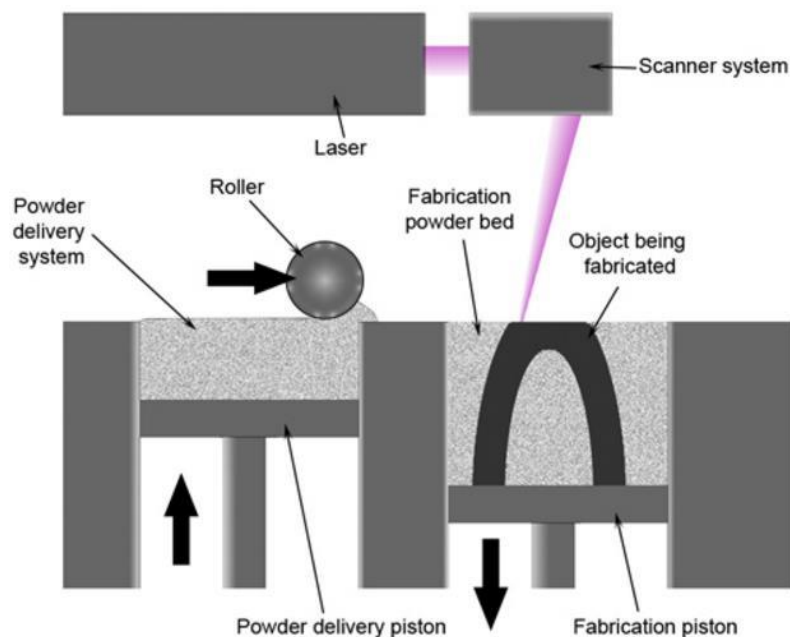
Obr. 2 Technologie SLA tisku [2]

Teplota pryskyřic se pohybuje mezi 200–300°C. SLA tisky vyrábějí díly izotropními mechanickými vlastnostmi, protože laser vícekrát přechází, aby ztuhlé vrstvy se spojily ve vysoké míře. Vytváření pokračuje i po dokončení procesu tisku – obrobky jsou vloženy do vytvářecí komory, kde jsou vystaveny intenzivnímu UV záření, někdy i zvýšeným teplotám. Zlepšuje se jejich tvrdost a tepelná odolnost, ale zvyšuje se křehkost. Tiskárny SLA jsou schopny vyrábět velmi detailní, jen několika milimetrové součástky, ale také součástky délky až 1,5 metru.

Jsou to odolné plastové díly s hladkým povrchem, vysokou rezolucí, definicí hran a tolerancemi, které konkurují přesnosti obráběných nebo lisovaných plastových děl. Nejlepší tiskárny SLA pracují s širokou škálou materiálů, velikostí a cenových hladin, které jsou určeny pro prototypy, výrobu obrobků, modelů odlévání, forem, nástrojů, přípravků a lékařských modelů.

3.2 SLS (Selective Laser Sintering)

Technologie tisku zkráceně označovaná SLS vyrábí díly s vysokou přesností a dokáže tisknout vzory se složitou geometrií. Tisk používá vysoce výkonné CO₂ lasery. Objekty vznikají ohříváním prášku do bodu tavení a spékáním po vrstvách pomocí laseru. Aby se snížila pravděpodobnost zdeformování nebo zmenšení částí během tisku, tiskárny SLS používají vyhřívané komory na ohřívání prášku těsně pod teplotu spékání. U velkých objektů to vede k teplotním gradientům, kde spodek části je již ochlazený, přitom právě vytištěné vrchní vrstvy mají zvýšenou teplotu. Dalším řešením, ke snížení pravděpodobnosti zdeformování, je ponechání takto vzniklých součástek v prášku pomalu vychladnout (často po dobu 50 % z celkového času výroby).

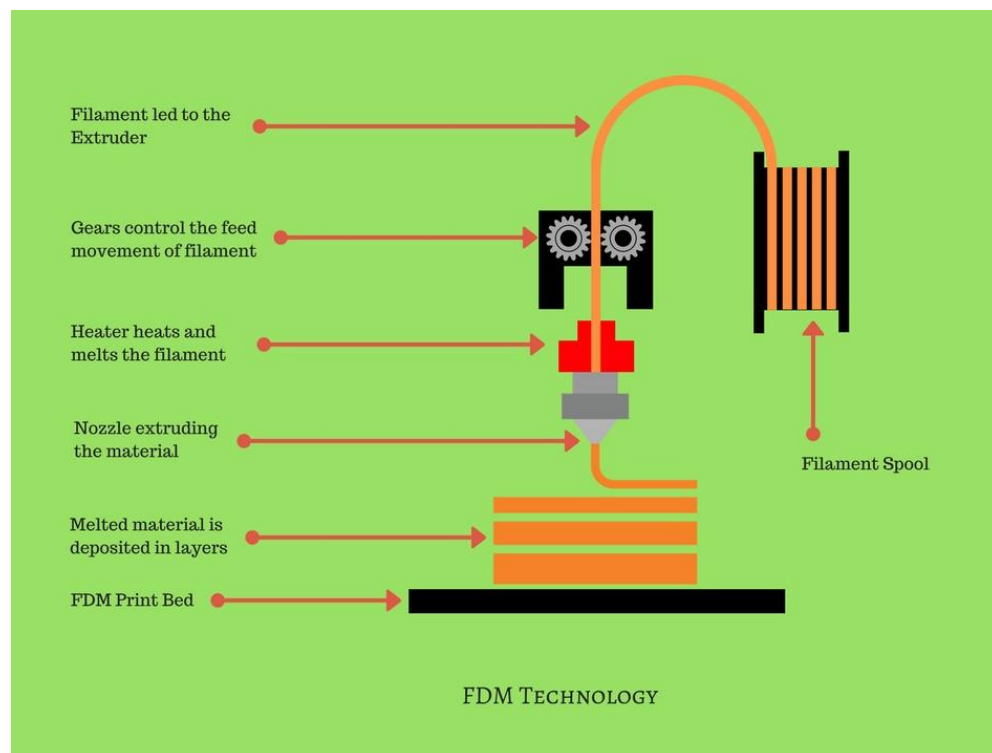


Obr. 3 Technologie SLS tisku [3]

Na rozdíl od některých jiných aditivních výrobních technologií SLS 3D tisk nevyžaduje opěrnou konstrukci, protože vyráběné dílo je obklopeno nespečeným práškem, což umožňuje konstruovat téměř nemožné geometrické tvary. Pevnost vazby mezi jednotlivými vrstvami je velká, tištěné díly mají téměř izotropní mechanické vlastnosti. Tištěné díly mají vysokou pevnost v tahu a modul pružnosti, ale jsou křehčí, díky pórovitosti výsledného objektu – typicky cca. 30% pórovitost. Stroje SLS představují pokročilejší technologii včetně speciálního stínění před škodlivým ultrafialovým (UV) zářením, proto jsou to dražší tiskárny, a proto dispozici je méně možností.

3.3 FDM/FFF (Fused Deposition Modeling/Fused Filament Fabrication)

Tyto dvě metody jsou v podstatě totožné, ale jelikož označení FDM (Fused Deposition Modeling) je patentováno firmou Stratasys, ostatním firmám musí používat jiné označení např. FFF (Fused Filament Fabrication). FDM/FFF jsou nejlevnější technologie v oblasti 3D tisku. Je to metoda aditivní výroby, která využívá tzv. filament z termoplastického materiálu. Filamentem je označována plastová struna různého průměru, nejčastěji kruhového průřezu, která je navinuta na cívce (v zásobníku 3D tiskárny) a je postupně odvíjena. Tisková hlava (extruder) je na svém konci vybavena kovovou tryskou, která je topným tělesem zahřátá na příslušnou teplotu, čímž dochází k tavení plastového materiálu (filamentu). Tisková hlava sleduje předem stanovenou dráhu a tiskne 3D objekt po vrstvách.

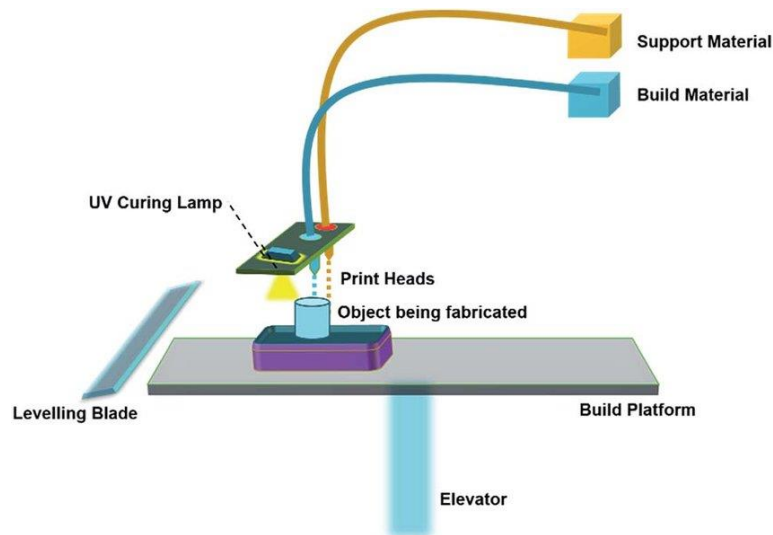


Obr. 4 Technologie FDM/FFF tisku [4]

Při tisku touto technologií, můžeme u velkých objektů mnohdy pozorovat jeho deformaci, což je způsobeno vlivem teplotních změn. Tištěný objekt se ochlazuje různou rychlostmi, což způsobuje rozdílné vnitřní napětí a tímto dochází ke smršťování a deformaci tisku. Řešením tohoto problému jsou takzvané „rafty“, tedy pomocné tištěné stěny zadržující teplo kolem samotného objektu, vyhřívaná platforma opatřená adhezí podložkou. Zaoblení ostrých hran a rohů tištěného objektu může rovněž snížit pravděpodobnost vzniku těchto jevů.

3.4 MJ (Material Jetting)

MJ (Material Jetting) je aditivní výrobní technologie, která funguje podobným způsobem jako 2D tiskárny. Tisková hlava (podobná tiskové hlavě používané při standardním inkoustovém tisku) rozděljuje kapky fotosenzitivního materiálu, které pak tuhnou pod UV světlem a tím vytvářejí vrstvu. Tiskárna vytváří díly s vysokou přesností a velmi hladkým povrchem. Pomocí této metody je možné více materiálové a vícebarevné tištění a je k dispozici široký sortiment materiálů.



Obr. 5 Technologie MJ tisku [5]

Díky těmto vlastnostem je velmi výhodnou volbou pro vizuální prototypy a pro výrobu nástrojů. Při výrobě objektu je tištěna i pevná opěrná konstrukce z měkkého sekundárního materiálu, která se po tisku odstraní. Snadno se rozpustí v ultrasonické lázni, a jsou-li správně rozpuštěné, po odstranění nezanechávají stopy. Důsledkem pevného charakteru opěrné konstrukce je vysoká úroveň přesnosti kontaktních ploch s touto konstrukcí.

MJ metoda se považuje za nejpřesnější technologii 3D tisku, protože v procesu není přítomno žádné teplo, výskyt deformace a smršťování je vzácný. Ale výsledné objekty se mohou zdeformovat a rozměrově změnit v důsledku vystavení okolnímu teplu, vlhkosti nebo slunečnímu záření.

4 MATERIÁLY

Všechny tiskárny potřebují k tisku nějaký druh materiálu. Jednou z nejdůležitějších částí 3D tisku je použití správného druhu materiálu pro daný účel. Než dojde k vytisknutí samotného 3D objektu, musíme si položit několik základních otázek. Jak odolný musí být výsledný produkt? Jak flexibilní musí být tento produkt? Jak přesný musí být výsledný produkt? Pokud jde o 3D tisk není žádný limit, jaký materiál může být použit. Ve spotřebitelském 3D tisku se používá několik hlavních druhů materiálů a to plasty, kompozity, kovy a pryskyřice. Z těchto materiálů se následně vyrobí tzv. 3D vlákna a to buď přímo z plastu, nebo v případě kovu se míchá kovový prášek s plastem.

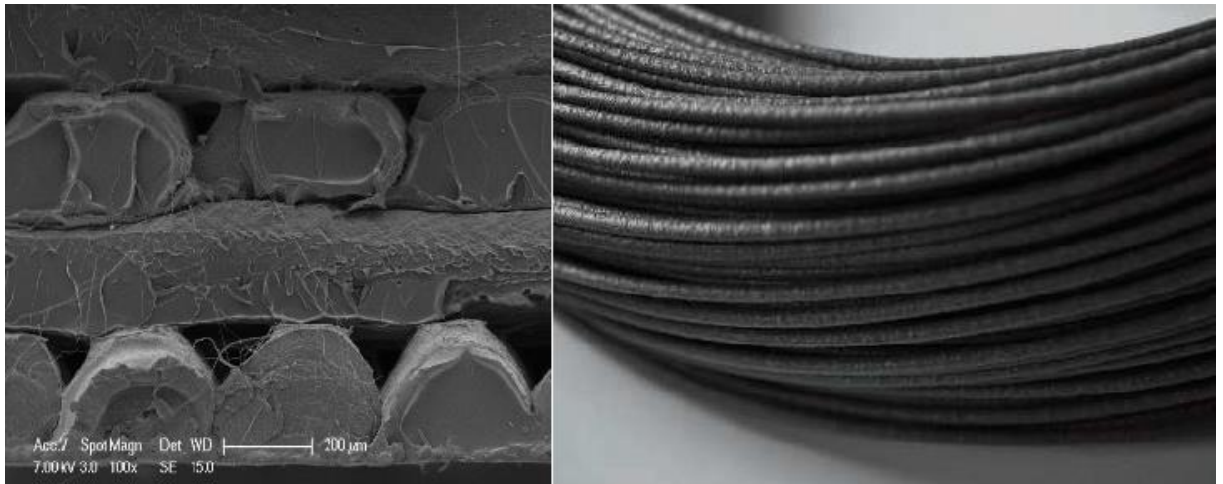


Obr. 6 Resin do SLA tiskárny [7]

Kompozity jsou další kategorií materiálu, jak už z názvu vyplývá, vznikají kombinací dvou materiálů, aby bylo dosaženo nejlepších vlastností každého z nich. Materiál může být také v tekuté formě nebo ve formě prášku, jako v případě pryskyřice. Výroba pak probíhá tak, že po zahřátí materiálu na příslušnou teplotu se stanou materiály pružnými a jejich ohýbáním tiskárna vytvaruje vlákno tak, aby se vytvořily tvary budoucího výrobku dříve, než materiál vychladne.

4.1.1 PLA

PLA (Polylactic acid – kyselina mléčná) je oblíbená pro amatéry i profesionály. Je to speciální typ termoplastu vyrobený z organických materiálů, konkrétně z kukuřičného škrobu a cukrové třtiny. Hlavními výhodami PLA je, že je bezpečnější a snáze použitelný a při výrobě nedochází k úniku žádných toxických výparů. Ve srovnání s ABS se vyrábějí z PLA díly, které jsou esteticky příjemnější díky jedinečnému lesku a hladkému vzhledu.



Obr. 7 Mikroskopický pohled na 3D tištěné vrstvy PLA [6]

Je jeden z nejjednodušších materiálů pro tisk, i když má tendenci se po tisku mírně zmenšit. Modely se mohou při kontaktu s vodou poškodit, materiál je však konzistentní, snadno použitelný a dodává se v široké škále barev. Na rozdíl od ABS nevyžadujete při tisku PLA vyhřívanou platformu. Z PLA se také tiskne při nižší teplotě než ABS, od 185 ° C do 235 ° C, proto se velmi nehodí na pohyblivé části nebo části, které se vystavují vysokým teplotám. Kvůli jeho vysoké rychlosti ochlazování a tuhnutí se s ním obtížněji manipuluje.

PLA má široké použití. Na profesionální úrovni použití PLA vláken zahrnuje lékařské jehly, různé chirurgické implantáty, včetně chirurgicky implantovaných čepů, tyčí, šroubů a sítovin. Aplikace fungují díky degradovatelným vlastnostem materiálu. Všechny zmíněné části se rozpadají v lidském těle. Vydrží v těle od šesti měsíců do dvou let, v závislosti na části a její účelu. Na amatérské úrovni jsou vlákna PLA skvělá pro výrobu celé řady spotřebních předmětů jako obaly na potraviny, jednorázové nádoby apod. [19]

4.1.2 ABS

ABS (akrylonitril-butadien-styren) je populární z mnoha důvodů. Je to termoplast, který obsahuje bázi elastomerů na bázi polybutadienu, díky čemuž je pružnější a odolnější vůči nárazům. Právě tato síla a mírná flexibilita z něj činí skvělou volbu pro 3D tisk. Kromě vysoké pevnosti je to opakovaně použitelný materiál a lze jej spojovat chemickými procesy.

Je to houževnatý materiál, schopný snadno odolávat teplotám od -20 °C do 80 °C, který je skvělou volbou pro tisk plastových automobilových dílů, pohyblivých částí, hudebních nástrojů, kuchyňských spotřebičů, elektronických pouzder a různých hraček, jako například LEGO. Kromě 3D tisku má také další aplikace. Například tradiční výrobci používají ABS k výrobě plastových obalů, lahví na vodu a sklenic.

Navzdory své popularitě není ABS pro většinu domácích uživatelů nejlepším materiálem. Je to proto, že má vysoký bod tání, 220°C až 240°C a je třeba jej vytisknout na vyhřátou platformu, aby se zabránilo pokroucení. Vyhřívání lůžka tiskáren však není něco, čím je vybavena spousta 3D tiskáren s nízkým rozpočtem. ABS je na bázi ropy, což z něj činí biologicky neobdouratelný materiál a při tisku se vytvářejí nepříjemné výpary, nejpozoruhodnější ve špatně větraných prostorách. Díky těmto kombinacím je ABS materiál upřednostňovaný spíše profesionály než amatérskými uživateli.

4.1.3 PETG

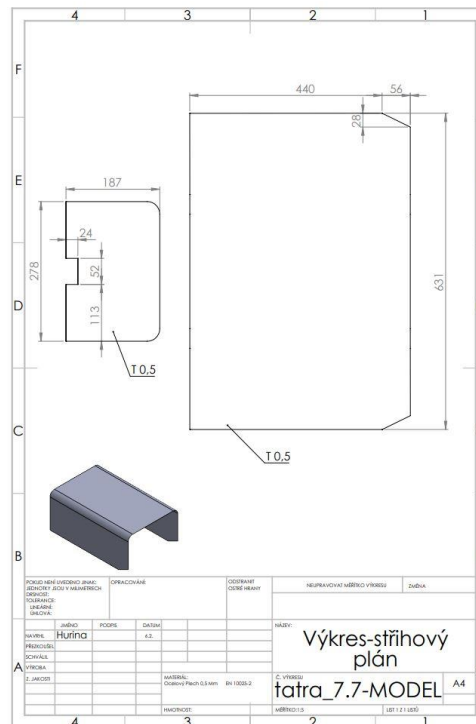
PETG (Polyethylene terephthalate glycol) je stabilní a nezávadný, nevydává žádné nepříjemné ani škodlivé výpary a je 100% recyklovatelný. Díky tomu je vytištěný produkt zcela bezpečný pro potraviny, což znamená, že je bezpečný i pro výrobky, jako jsou šálky, talíře a jiné. V syrovém stavu nemá žádnou barvu a je křišťálově čistý. Po vystavení chladu nebo teplu se materiál rychle změní na netransparentní. Pokročilejší verze jsou například PETG. Běžné aplikace pro PET vlákna zahrnují nádoby na potraviny a různé kuchyňské potřeby, ale hlavně se používají k výrobě PET lahví.



Obr. 8 PET lahve [8]

5 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY VÝROBY

3D tisk nicméně není jediná možná technologie výroby modelů. Plasty a samotná technologie mají své určité limity jak v pevnosti, tak i tepelné odolnosti. Samotná konstrukce se však dá upravit tak, aby byla určena pro klasické stroje např. frézku a soustruh. Samotná karoserie a korba mají tvar a parametry určené pro výrobu z plechu. Diferenciál, planetová převodovka a spousta dalších složitých součástí se nedají vyrábět klasickými stroji nebo s velkými náklady.



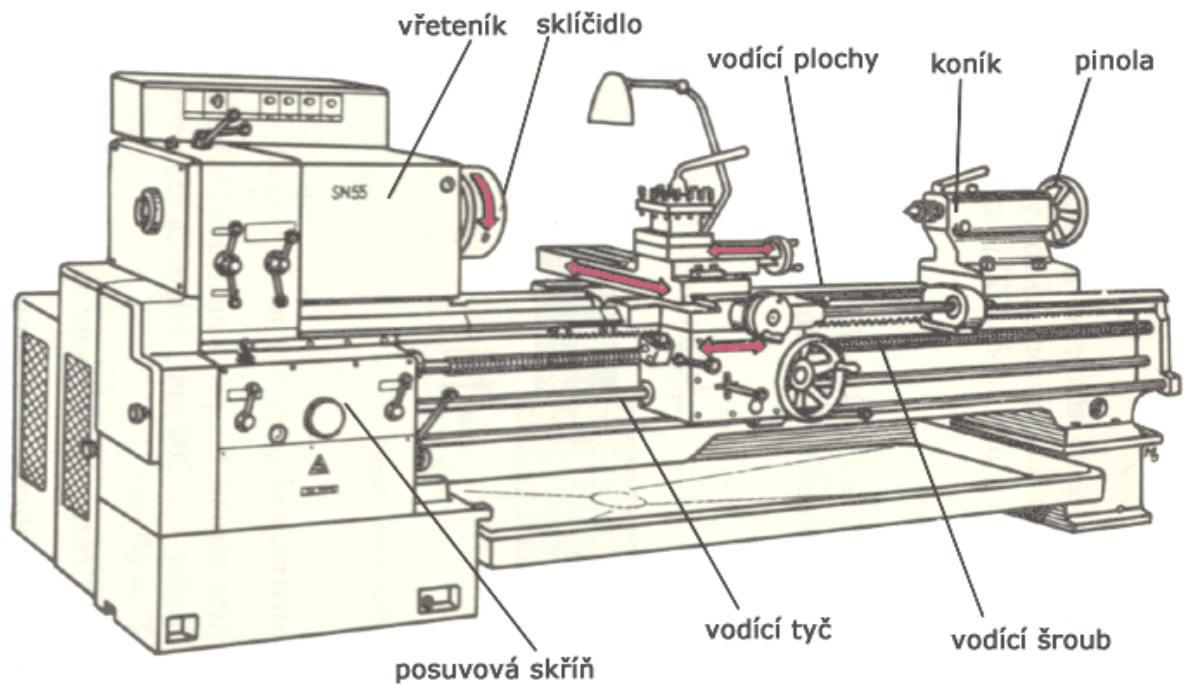
Obr. 9 Výkres stříhový plán [archiv autora]

Jiné technologie 3D tisku než FDM/FFF jsou možné, ale svojí vysokou cenou a cenou samotného výrobku nejsou tak snadno dostupné. Proto tisk dílů z kovu nebo kompozitních materiálů není běžně možný. Samotné díly se však dají upravit tak, aby je bylo možno odlít tzn. oblé hrany a tloušťka stěn. Nicméně odlévání z oceli v domácích podmínkách je nejen složité, ale taky nebezpečné. Samotná ocel na vzduchu hoří a prská, může tak způsobit značné popáleniny. Hliník a další materiály s nízkou teplotou tání jsou použitelnější a snadno tavitelné.

5.1 Soustruh

Pod pojmem soustruh si představujeme mechanické zařízení, které provádí s obráběným materiálem rotační pohyb a během tohoto pohybu mění jeho tvar pomocí řezných nástrojů. Taková úprava materiálu nebo obrobku se nazývá soustružení. Soustružením je možné obrábění vnějších a vnitřních povrchů, výroba rotačních součástek, děr a závitů. Podle konstrukčně-technologických vlastností je dělíme na hrotové, čelní, revolverové, svislé a speciální.

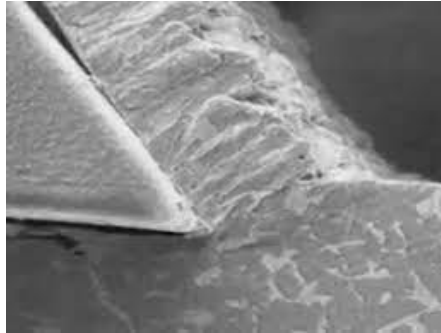
Hrotové soustruhy se hlavně využívají k obrábění vnějších a vnitřních válcových ploch, čelních ploch, kuželů nebo pro různé tvarovaná rotační tělesa. Čelní soustruhy pro obrábění rozměrnějších přírubových součástek. Revolverové k obrábění součástek, u kterých je výrobní postup umožňuje provést více úseků na jedno upnutí. Soustruh sestává ze skříně řídicí posuv, vřeteníku, vřetena, suportu, lůžka, pinoly, koníka, vodícího šroubu a vodící tyče, převodů. U NC a CNC soustruhu pak elektromotory.



Obr. 10 Soustruh popis [9]

Lůžko, někdy nazývané také jako šasi, je podstavec soustruhu, který má extrémně pevné vlastnosti díky tomu, že je vyroben z pevné litiny. Tato vlastnost také způsobuje, že šasi při obrábění tlumí okolní vibrace. Vřeteník zajišťuje pevné vedení a pohon vřetena.

Vřeteno je dutý hřídel uložený v ložiskách, které jsou konstrukčně voleny tak, aby se zamezily tlaky vznikající při obrábění. Vřeteno a vřeteník během obrábění nemohou vibrovat, protože vibrace způsobují nepřesnosti při obrábění. Suport se využívá k uchycení rezných nástrojů a jeho pohyb zajišťuje axiální vodící šroub. Řezný nástroj uchycený na suportu se může pohybovat rovnoměrně s osou obrobku, kolmo k ose obrábění nebo kombinovaně.



Obr. 11 Detail odvodu třísky [10]

Koník slouží k podepření dlouhých obrobků, je orientován na opačné straně než vřeteník. Ve válcové dutině tělesa se posouvá hrotová objímka tzn. pinola na jejíž přední části je umístěna kuželová dutinka. Tato dutinka má možnost uchopení vrtáků nebo závitníků, popřípadě může sloužit k připevnění upínacího hrotu. Na spodní části soustruhu se často nachází i sběrná vana, která slouží ke sběru třísek nebo chladicí kapaliny. Některé modely soustruhů jsou vybaveny systémy distribuce chladicí rezné kapaliny, osvětlením nebo i různými ochrannými a bezpečnostními pomůckami. [13]

5.2 CNC a NC stroje

Pod pojmem NC (Numerical Control) rozumíme číslicové řízení. Při obráběcím stroji jde konkrétně o řízení procesu obrábění na základě údajů v číslicové formě. Číslicové řízení se začalo používat v 50. letech 20. století hlavně v Japonsku a USA za pomoci tzv. děrných štítků. NC řízení našlo své uplatnění zejména v technologii obrábění. Rovněž se používá i při svařovacích operacích (obloukové svařování, odporové svařování) popřípadě při operacích tváření (ohýbací stroje, lisy, děrovací stroje).



Obr. 12 Schéma CNC stroje [11]

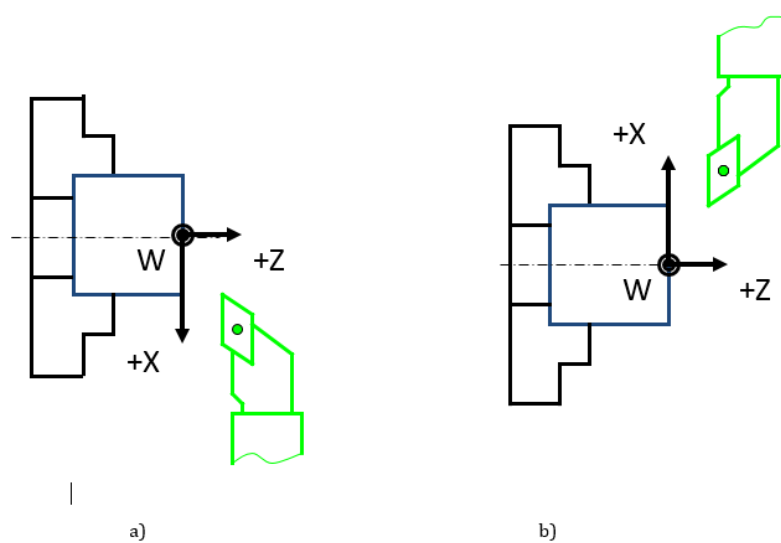
Číslicově řízené systémy můžeme rozdělit do skupin na základě kritéria složitosti dráhy, kterou řezný nástroj popisuje vzhledem k obrobku. Podle tohoto kritéria rozdělujeme NC systémy na systémy s nespojitým řízením a systémy se souvislým řízením. Systémy s nespojitým řízením se dále dělí na systémy pro nastavování souřadnic a systémy pravoúhlé. Systémy pravoúhlé, také nazývané také LP (Longitudinal Path Control) jsou většinou používané na soustruzích, frézkách nebo obráběcích centrech. Během pohybu řezného nástroje se materiál obrábí, přičemž tento pohyb probíhá vždy ve směru jedné řízené ose.

Teprve když je pohyb v této ose ukončen, může řezný nástroj provádět pohyb v ose jiné. Systémy pro nastavování souřadnic – PTP (Point-to-Point) zajišťují polohování obrobku vzhledem k nástroji do předem určených bodů. Většinou se jedná o souřadnice děr. Využívají se při operacích svařování anebo například vrtání. U systémů se souvislým řízením – CP (Continuous Path Control) je pohyb řezného nástroje a obrobku řízený plynule a současně minimálně ve dvou osách. To znamená možnost obrábění různých obecných tvarů ať už v rovině nebo v prostoru.[13]



Obr. 13 CNC stroje [12]

CNC systémy (Computer Numerical Control) jsou počítačem řízeny systémy, jejichž předchůdcem byly výše zmíněné NC systémy. CNC systémy začaly během 70. let 20. století nahrazovat konvenční NC systémy. Do jejich řídicích systémů byly aplikovány první počítače, které výrazně zvýšily jednoduchost jejich ovládní a efektivnost výroby. Typický CNC systém je počítačová síť sestávající z různých procesorů, pamětí a vstupních či výstupních periférií. Všechny prvky této sítě jsou mezi sebou propojeny rychlou komunikační sítí, aby se zajistilo řízení procesů v reálném čase a tím se zvýšila efektivita a rychlost práce zařízení. CNC zařízení obsahují takzvané part-programy pomocí kterých probíhá jejich řízení. Znamé part programy jsou od firem FANUC, Siemens nebo Heidenhain.



Obr. 14 Souřadnicový systém u CNC soustruhu [13]

5.3 Frézka

Frézka se stroj technologie třískového obrábění, při které je z obrobku odebrána vrstva materiálu ve formě jednotlivých drobných třísek rotačním nástrojem – frézou. Fréza se při práci otáčí kolem své osy a svými noži po obvodu se postupně zařezává do obrobku, který se proti nástroji současně posouvá.

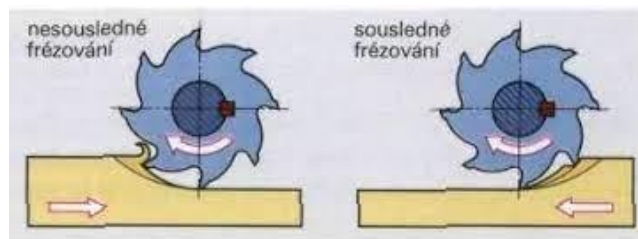


Obr. 15 Frézka [14]

Každý nůž frézy postupně odřezává z obráběného materiálu krátké třísky nestejně tloušťky, takže proces řezání je přerušován. Tento způsob obrábění volíme k dosažení hladkého povrchu a přesných rozměrů obrobku, k vytvoření rovinných, rotačních nebo tvarových ploch (spodní, vrchní frézovací stroje). Obrobek se v praxi při různých operacích frézuje ve všech směrech, nejčastěji však ve směru podélném až podélně-příčném. Frézovací nástroj se otáčí většinou proti směru posuvu (nesouběžné frézování), v některých případech ve směru posuvu (souběžné frézování).

Rovinné plochy frézujeme válcovými a čelními frézami. Frézování válcovými frézami se rozděluje takto:

- **Sousledné frézování**, při kterém se fréza otáčí ve směru posuvu (Obr. 16). Průřez odebírané třísky se zmenšuje, obrobená plocha je hladší a směr řezné síly je příznivější. Výkonnost je větší při stejné trvanlivosti nástroje. Nevýhodou souběžného frézování jsou silové rázy při záběru každého zubu do materiálu. Sousledné frézování je možné pouze na frézách tuhé konstrukce a na obrábění měkkých a houževnatých materiálů.

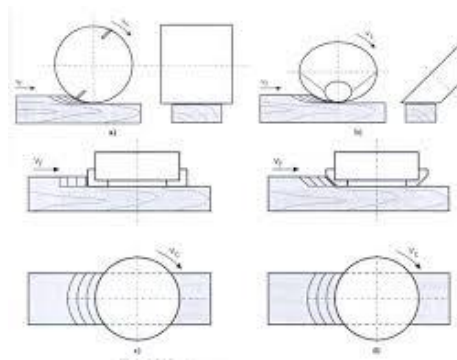


Obr.16 Druhy frézování [15]

- **Nesousledné frézování**, při kterém se fréza otáčí proti smyslu posuvu (Obr. 16). Průřez třísky se postupně zvětšuje od nuly do maximální tloušťky. Nevýhodou je horší jakost povrchu a směr řezné síly (směřuje nahoru), což klade velké nároky na způsob upnutí.

Podle polohy osy otáčení a podle tvaru ploch, které při frézování popisují řezné hrany nástroje tyto druhy frézování:

- **Válcové frézování** osa otáčení nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou, řezné hrany nástroje popisují válcovou plochu.
- **Kuželové frézování** osa otáčení nástroje je skloněna pod určitým úhlem k obrobené ploše a řezné hrany nástroje popisují kuželovou plochu.
- **Čelní frézování** osa otáčení nástroje je kolmá k obrobenému povrchu, řezné hrany popisují válcovou plochu. Tento způsob se používají u některých tvarových a stopkových fréz.
- **Čelní kuželové frézování** osa otáčení je kolmá k obrobenému povrchu, avšak na rozdíl od předchozího způsobu jsou řezné hrany skloněny k obrobenému povrchu pod určitým úhlem.[23]



Obr. 17 Způsoby frézování podle polohy osy otáčení [16]

6 KONSTRUKCE MODELU

Konstrukce celého projektu modelu vozidla TATRA 815 je rozdělena do čtyř fází:

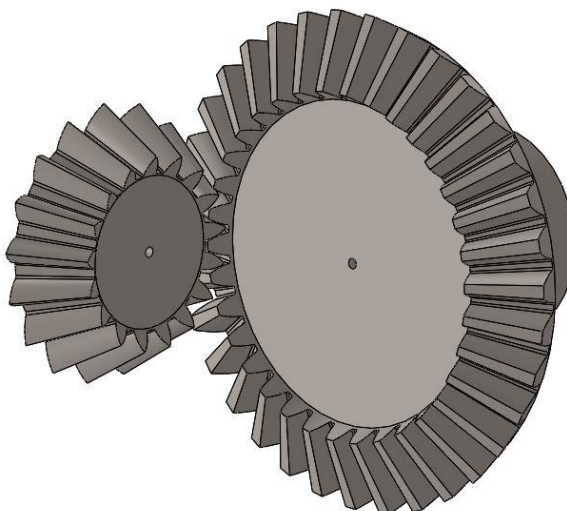
- Volba typu auta a jeho určení.
- Výběr programu, ve kterém vymodeluji model.
- Rozložení prací dle jejich složitosti.
- Napsání podrobného návodu sestavení vozidla.

Model TATRA 815 dakarský speciál byl vybrán z důvodu snadné a jednoduché konstrukce, ale také jako jeden z předních závodních vozů určených pro závodní účely rallye „Dakar“. Při konstrukci jsem postupoval tak, abych zachoval v rozumné míře původní znaky vozidla, ale také samotnou funkčnost vozidla a schopnost tisku na 3D tiskárnách běžně dostupných. Veškerá realizace a konstruování bylo prováděno v programu Autodesk Inventor Professional a v programu Microsoft PowerPoint byl zhotoven návod na montáž.

Z důvodu tisknutí všech typů dílů bylo nutné počítat s nepřesností a smrštění vytisknutých dílů. Proto průměry ložisek mají toleranci $+150/-0$ a ostatní průměry a drážky $+200/-0$.

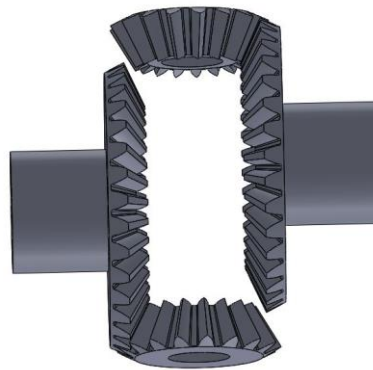
6.1 Konstrukce podvozku a převodovky

Hlavním konstrukčním prvkem byl samotný podvozek, který jako v originálu má svoji typickou konstrukci. Hlavní nosná a pohonná roura uprostřed vozidla je shodná, taktéž i výkyvné poloosy. Prvním a velice důležitým prvkem kterým započala konstrukce, byla ozubená kola na obě nápravy. Samotné nápravy obsahují kuželová ozubená kola, jejíž osy jsou vůči sobě pootočené o 90° .



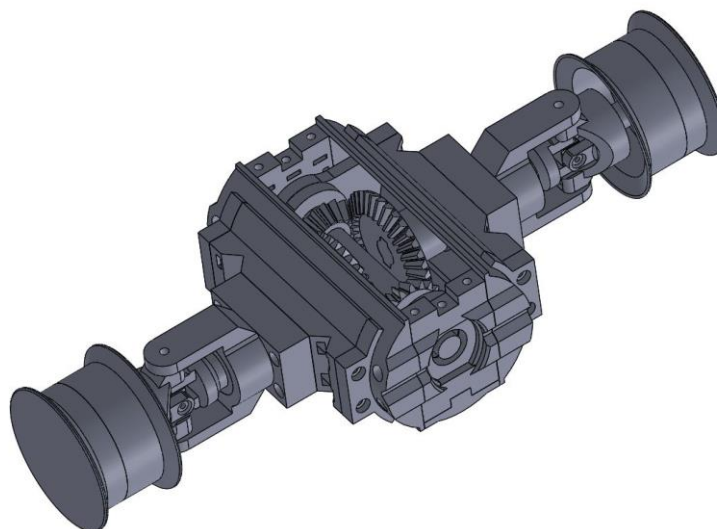
Obr. 18 Kuželová ozubená kola [archiv autora]

Konstrukce náprav TATRY 815 má svoji jedinečnou a unikátní konstrukci, která spočívá v samotných poloosách. Ty jsou nejen výkyvné, ale také pevné vůči kolům. Zakomponování tohoto druhu nápravy do RC modelu vyžaduje značnou dávku úprav nejen pro 3D tisk, ale také pro samotnou pevnost modelu. Tudiž některé díly byly značně zjednodušené, například samotná kola a ramena, které drží konstrukci pro zdvih kol. Ozubená kola jsou stejně jako originál odsazené o určitou délku, tím je dosaženo otáčení kolem pomyslné osy hnací hřídele při pružení poloosy.



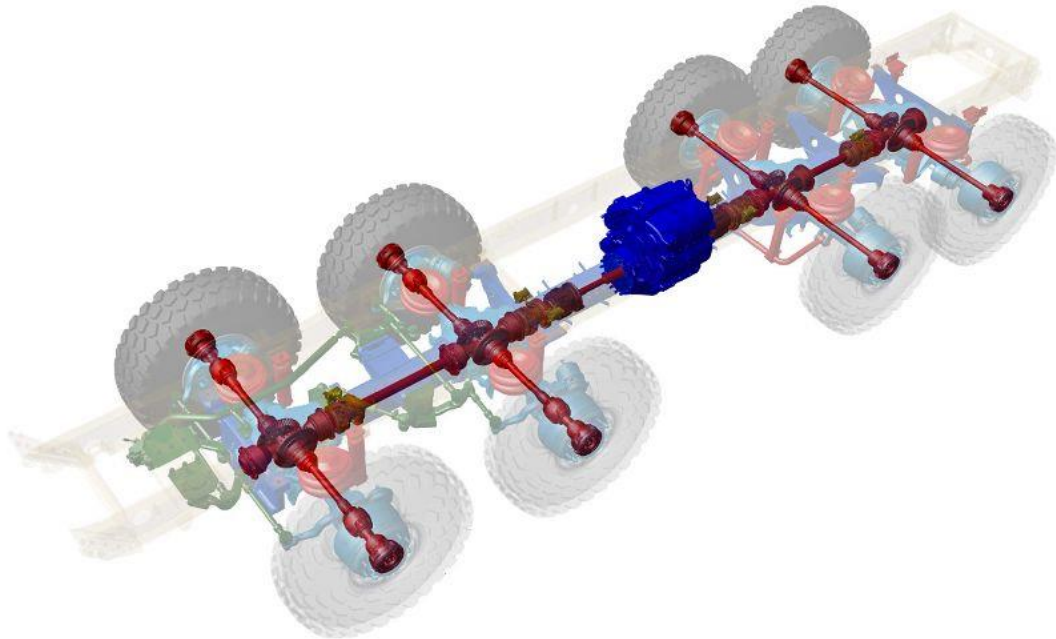
Obr. 19 Sestava ozubených kol [archiv autora]

Pro zjednodušení celé konstrukce nebyl model opatřen uzávěrkou diferenciálu, ani redukční převodovkou. Proto byly nápravy napřímo spojeny s převodovkou a motorem. Tato úprava si však vyžádala značné konstrukční zesílení.



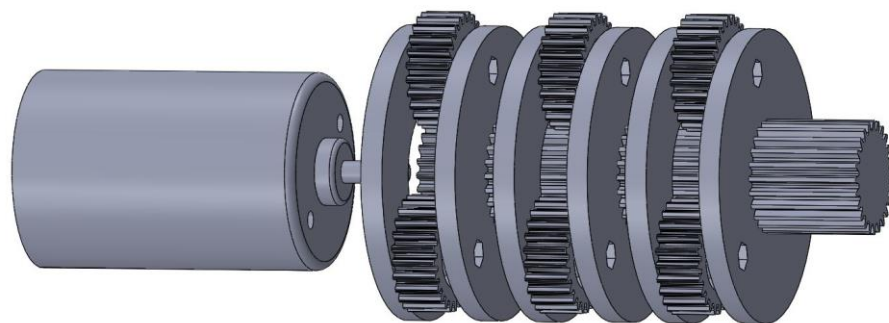
Obr. 20 Přední náprava [archiv autora]

Kardanová hřídel byla oproti původnímu návrhu zesílena o 50% zejména v místech styku s hřídelí. Samotná ozubená kola jsou napřímo spojena s kolem. Při zatočení však nedochází k plynulému odvalování kola, ale k tření o zem. Tento způsob pohonu je primárně určený do terénu, kde dochází k prokluzu kol.



Obr. 21 Šasi TATRA [17]

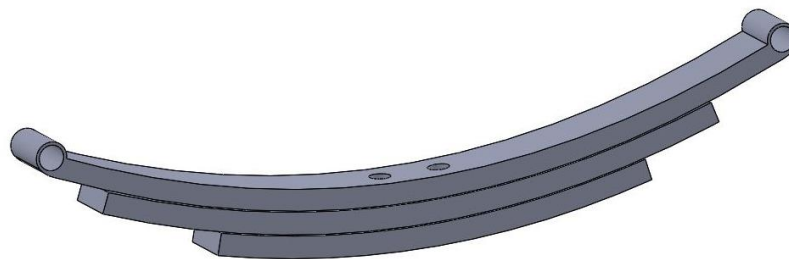
Hnací soustava auta (motor a převodovka) je umístěna uprostřed obou náprav nízko v těžišti. První návrh byl zkonstruovat klasickou převodovku v místech kabiny, nicméně k dosažení převodového poměru 1 : 20 by převodovka měla rozměr větší než samotná nadstavba auta. Proto byla použita převodovka planetová. Tímto se dosáhlo snížení velikosti celé soustavy, ale také modularitu určení převodového poměru. Osazení pouze jedné převodovky je převodový poměr 1 : 4, osazení další převodovky 1 : 16 a osazení tří převodovek je poměr 1 : 64.



Obr. 22 Planetová převodovka [archiv autora]

Pro značně plynulé a zároveň tvrdé odpružení auta se starají listové pružiny, namísto pružin vzduchových. Prvotní návrh byl osazení klasickými spirálovými pružinami, avšak jednoduchost a levná výroba listových pružin umožnilo osazení těmito typy pružin.

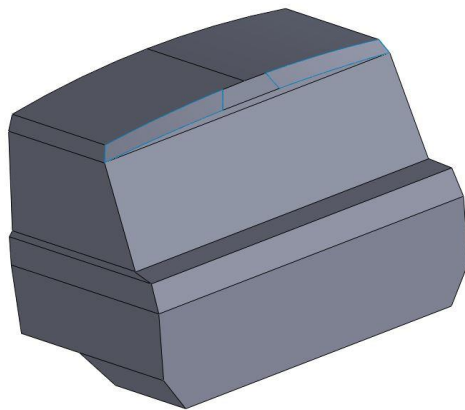
Listové pružiny se skládají z několika listů zaoblených plochých tyčí, které při působení síly vytvářejí odpor opačnou silou. Tato schopnost se výborně hodí pro nápravy, jelikož osa zdvihu není lineární, nýbrž jde po obloukovou trajektorii. Návrh a realizace pružin z plastu má své určité limity, které se musí překonat. Zejména únava materiálu při působení nepřetržité síly. Prvotní myšlenka byla spojit spoustu tenkých listů plastu do jednoho většího celku. Výhoda tohoto řešení je dobrý zdvih při pružení, avšak při působení celé váhy auta dojde k únavě a ke klesnutí na nápravy. Proto bylo použito řešení menšího počtu pružin a přidání jejich větší tloušťky. Toto řešení nemá tak dobré pružné vlastnosti, ale za to vydrží tvrdší zacházení a celou váhu auta.



Obr. 23 Listová pružina [archiv autora]

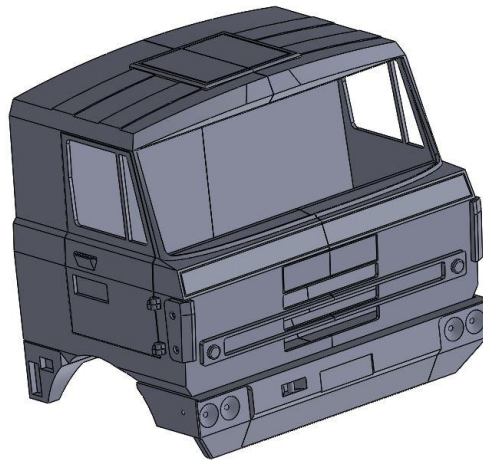
6.2 Konstrukce kabiny a nadstavba vozidla

Kabina, nadstavba a veškeré designové prvky auta byly modelovány až po první zkušební jízdě. Tím jsme se ujistili, že je všechno připravené pro další konstrukční kroky. Veškeré prototypy kabin a nadstavby byly zkonstruované a modelované pomocí ploch a tzv. „volných ploch“. Konstruování pomocí ploch je zcela odlišné oproti klasickému 2D náčrtu a pak následnému vytažení do 3D prostoru.



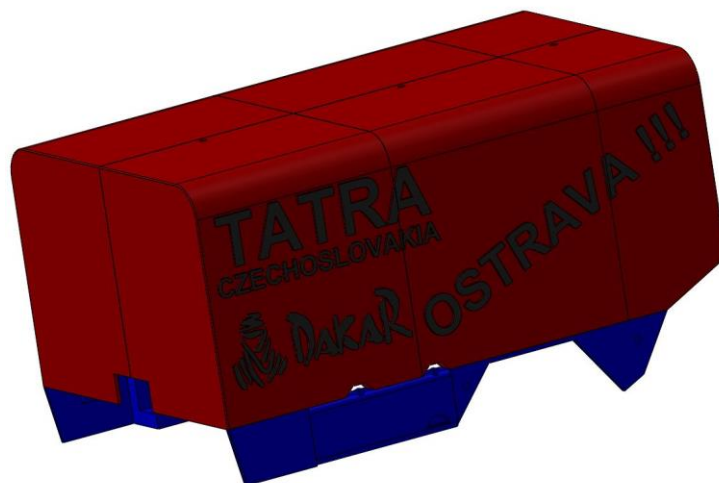
Obr. 24 Prvotní návrh kabiny [archiv autora]

Kabina TATRY se skládá především z pravoúhlého tvaru a zaoblené přední části. Rozměry a tvar byl upraven tak, aby seděl na šasi auta. Samotná kabina má rozměry 204x280x260 mm. Tiskový rozměr 3D tiskárny není však tak velký, proto byla kabina rozdělena na čtyři shodné díly. Kompletaci a uchycení všech dílů do sebe zajišťuje šest úchytnů pro pevné spojení konstrukce. Samotný nárazník a blatník napomáhají k tuhosti konstrukce kabiny. Oproti převodovce a nápravě byla kabina konstruovaná s cílem zachování co nejvíce původního tvaru a designu.



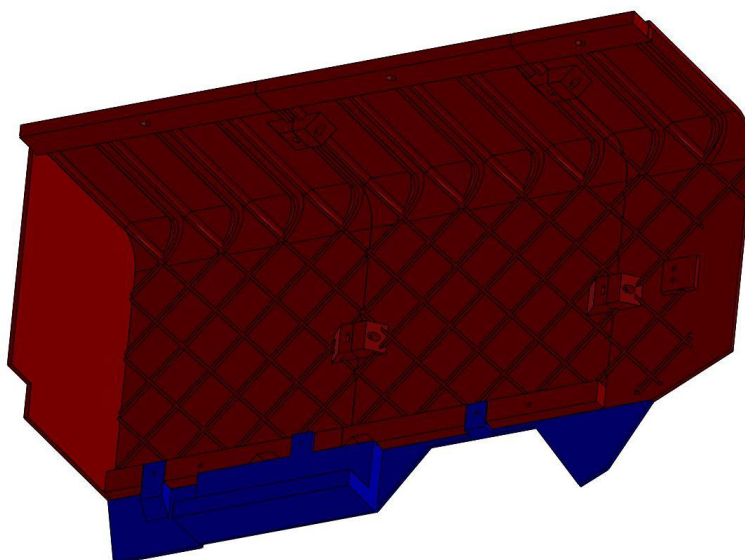
Obr. 25 Finální verze sestavy kabiny [archiv autora]

Pro snížení hmotnosti zejména na přední nápravu byla kabina odlehčena dutinami uvnitř modelu. Tímto je dosaženo stejné pevnosti a tuhosti, ale také rapidnímu snížení hmotnosti. Na zlepšení celkové odolnosti a narázuvzdornosti model neobsahuje žádná zpětná zrcátka ani přední dálkové světla.



Obr. 26 Nadstavba vozidla [archiv autora]

Nadstavba se skládá celkově z 12 dílů rozdělených tak, aby zároveň do sebe zapadaly i po vytisknutí. Délka celé nadstavby je 440 mm pro zjednodušení a celkové ulehčení kompletace byly vrchní strany opatřeny vodícím výstupkem na pravé straně, na levé straně naopak drážkou.



Obr. 27 Vnitřní výztuhy [archiv autora]

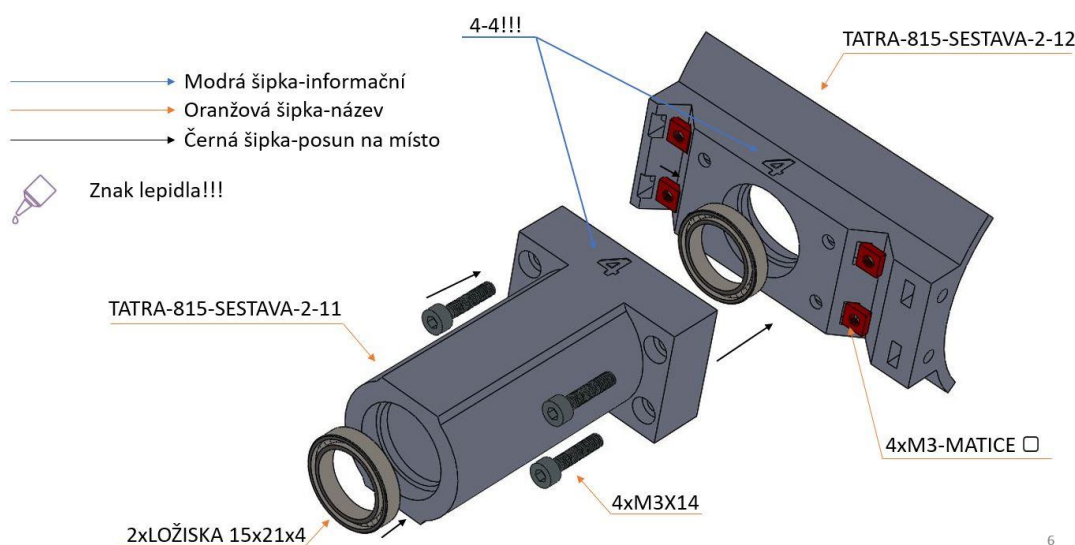
Jeden z největších a nejdéle tisknutých dílů je právě nadstavba, proto i tady došlo k ulehčení a to na tloušťku stěny pouhé 3 mm. Taková úprava si však žádá zlepšení pevnosti a tuhosti, tím se dosáhlo kosočtvercovými výztuhami na všech vnitřních stranách. Spodní strana je vybavena výztuhou pro osazení spodních dílů, ale také pro vyztužení konstrukce.

7 SESTAVENÍ MODELU

Samotné sestavení modelu TATRA v celkovém počtu čtyř vyrobených kusů a jeden zkušební prototyp byly dohromady stavěny a tisknuty víc než tři měsíce. Veškerá kompletace a tisknutí probíhalo v učebnách na střední škole. Pro kompletní postavení a osazení byl vytvořen 123stránkový návod, podle kterého byly postaveny všechny čtyři vozidla.

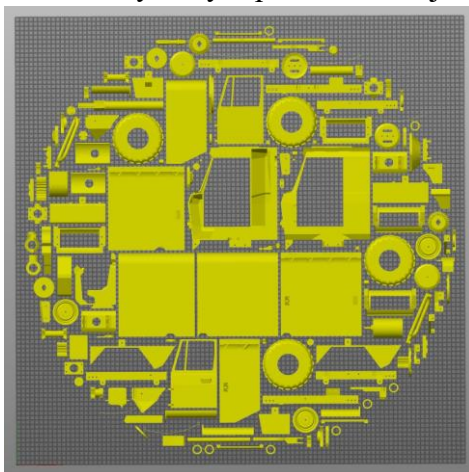
Veškeré soubory ve formátu .stl a návod montáže naleznete na webových stránkách školy:
<https://www.spszengrova.cz/3d-talent-2021/>

Postup návodu

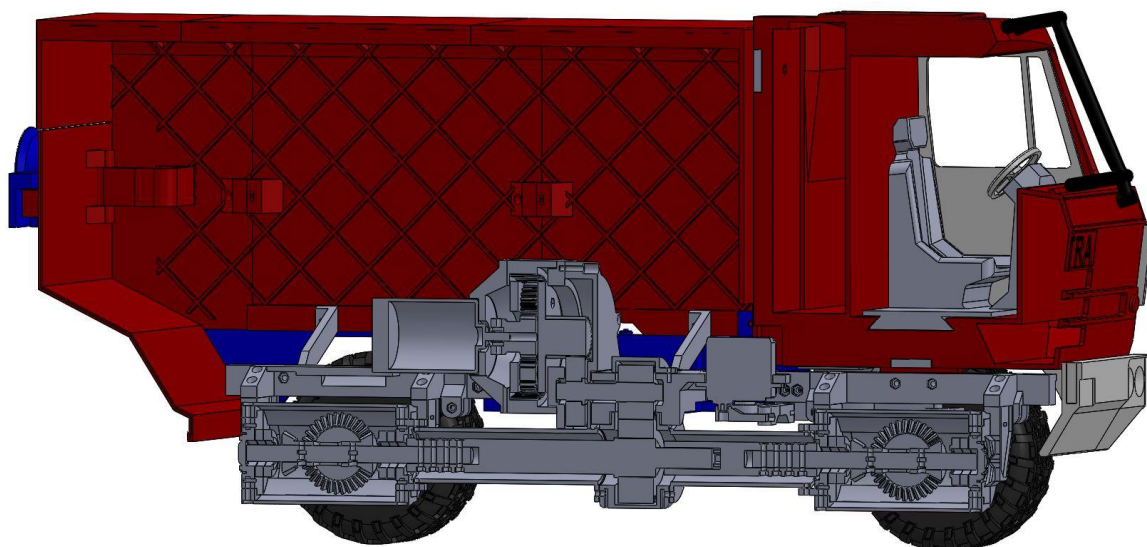


Obr. 28 Ukázka návodu [archiv autora]

Celkem model obsahuje 154 tisknutých součástí, které se tiskly dohromady na všechny modely TATRA víc než 1500 hodin a bylo spotřebováno 16 kg materiálu PLA. Jednotlivé díly jsou spojeny pomocí šroubů a maticek, kterých bylo použito 1100 jednotlivých kusů.



Obr. 29 Rozložení tištěných dílů [archiv autora]



Obr. 30 Sestavení dílů [archiv autora]

Pro pohon byl použit vysokootáčkový stejnosměrný motor označení 700. Od napětí 4,8-12 voltu a maximálních otáčkách 19.200 ot/min. Pro ovládání výkonu byl použit také stejnosměrný regulátor, do maximálního proudu 60 ampér. Hřídele a veškeré pohyblivé části, byly uloženy v jednořadých kuličkových ložiskách typu 6700 a 6702.

Prvním krokem v celé sestavě byly nápravy a samotný podvozek. Stavba celé sestavy podvozku je rozdělena v návodu na celkových 90 stránek, jedná se tak o nejsložitější sestavu. Krokem dalším je pak osazení převodovky, tudíž smontování všech hlavních dílů do jednoho společného celku. Testovací jízdy probíhaly bez osazení kabinou a nadstavbou a to pro odlehčení celého vozidla. Po úspěšné zkušební jízdě došlo pak k osazení kabinou a nadstavbou, kterou jsme u třech modelů ještě nabarvili červeno-bílou barvou.

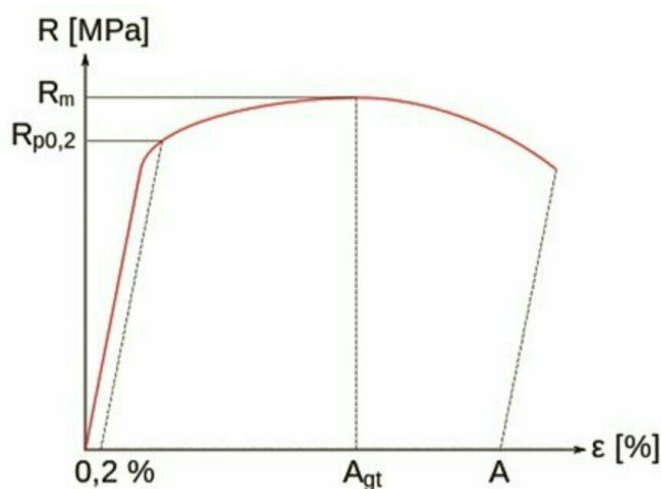


Obr. 31 Modely TATRA [archiv autora]

8 NÁVRHOVÝ VÝPOČET

Výpočty umožnily úpravu jednotlivých dílů a jejich samotný návrh. Veškeré výpočty využívají hodnotu tzv. mez pevnosti. Po překročení této mezi dojde k přetrhnutí materiálu. Oproti kovu a oceli mají plasty mez kluzu řadově 10x menší. U plasty však nedojde k rychlému přetržení, nýbrž k extrémnímu protažení a trvalé deformaci, čímž dojde k výraznému oslabení průřezu.

Z uvedeného grafu (Obr.32) poměru smluvního napětí a poměrného prodloužení využíváme údaj R_m -mez pevnosti pro ujasnění níže uvedené kontroly navrženého průměru hřídele.



Obr. 32 Graf smluvního napětí (R) a poměrného prodloužení (ϵ) [18]

Výpočet převodového čísla:

Pro výpočet otáček hnané hřídele n_9 na konci celé soustavy ozubených kol potřebujeme znát celkový převodový poměr $i_{1,9}$

Celkový převodový poměr je definován rovnicí (8.1)

$$i_{1,9} = \left(\frac{z_1 + z_3}{z_1} \right) \cdot \frac{z_5}{z_4} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{z_7}{z_6} \cdot \frac{z_8}{z_7} \cdot \frac{z_9}{z_8} \quad (8.1)$$

$$i_{1,9} = \left(\frac{z_1 + z_3}{z_1} \right) \cdot \frac{z_5}{z_4} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{z_7}{z_6} \cdot \frac{z_8}{z_7} \cdot \frac{z_9}{z_8} = \left(\frac{24 + 72}{24} \right) \cdot \frac{40}{24} \cdot \frac{14}{40} \cdot \frac{25}{14} \cdot \frac{17}{25} \cdot \frac{34}{17} = 5,66 \quad [20, 21]$$

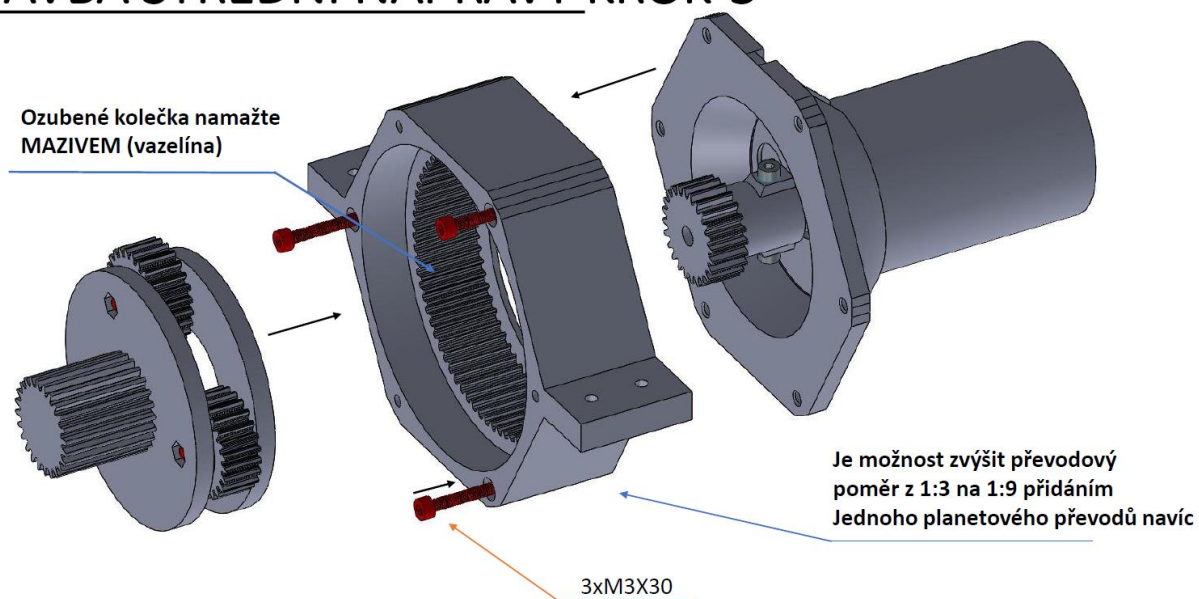
Kde:

$i_{1,9}$ celkový převodový poměr [-]

z_1 počet zubů centrálního kola v planetové převodovce [-]

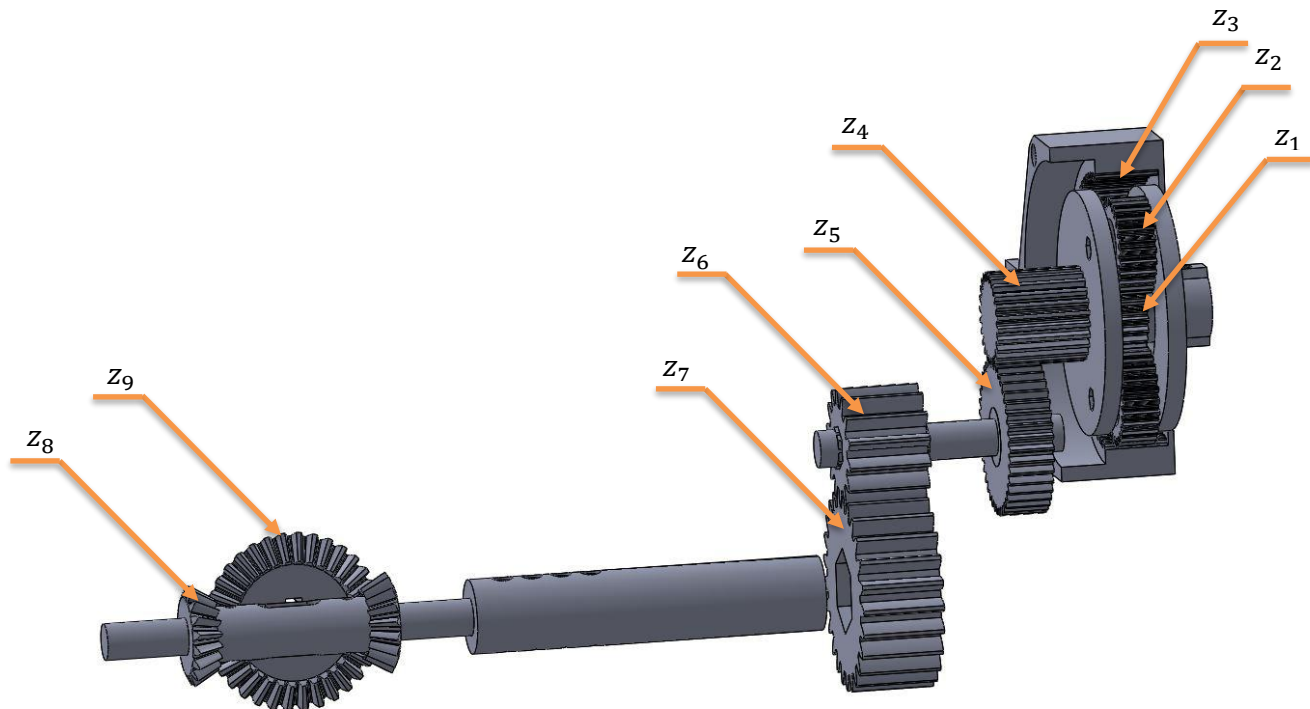
- z_2 počet zubů jednoho kola satelitu v planetové převodovce [-]
- z_3 počet zubů korunového kola v planetové převodovce [-]
- z_4 počet zubů hnacího oz. kola z planetové převodovky [-]
- z_5 počet zubů hnaného oz. kola k nápravě [-]
- z_6 počet zubů hnacího oz. kola u nápravy [-]
- z_7 počet zubů hnaného oz. kola u nápravy [-]
- z_8 počet zubů hnacího kuželového oz. kola [-]
- z_9 počet zubů hnaného kuželového oz. kola [-]

STAVBA STŘEDNÍ NÁPRAVY KROK-5



33

Obr. 33 Funkce planetové převodovky [archiv autora]



Obr. 34 Pohled na složený převod ozubenými koly [archiv autora]

Pro výpočet kroutícího momentu M_k potřebujeme znát velikost otáček hnané hřídele n_9 na konci celé soustavy ozubených kol.

Výpočet otáček n_9 na hnané hřídeli:

$$i_{1,9}=5,66$$

$$n_1=9500 \text{ ot/min při } 7.4\text{V (převzato ze štítku motoru)}$$

Celkový převodový poměr je definován rovnicí (8.2)

$$i_{1,9} = \frac{n_1}{n_9} \tag{8.2}$$

$$i_{1,9} = \frac{n_1}{n_9} \Rightarrow n_9 = \frac{n_1}{i_{1,9}} = \frac{9500}{5,66} \doteq 1680 \text{ ot/min}$$

Kde:

$i_{1,9}$ celkový převodový poměr [-]

n_1 otáčky hnací hřídele [ot/min]

n_9 otáčky hnané hřídele [ot/min]

Pro samotnou kontrolu navrženého průměru hřídele na krut je třeba spočítat kroutící moment. Při výpočtu zanedbáme účinnost celého převodu.

Výpočet kroutícího momentu:

$$P=170 \text{ [W]}$$

$$d=10 \text{ [mm] volíme}$$

$$n_9=1680 \text{ [ot/min]}$$

$$R_m=33 \text{ [MPa] pro materiál PLA [19]}$$

$$k=2 \text{ volíme}$$

Výkon je definován rovnicí (8.3)

$$P = M_k \cdot \omega \quad (8.3)$$

$$P = M_k \cdot \omega = M_k \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_9 \Rightarrow M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n_9} = \frac{170.60}{2 \cdot \pi \cdot 1680} = 0,966 \text{ [Nm]} = 966 \text{ [Nmm]}$$

Modul průřezu v krutu je definován rovnicí (8.4)

$$W_k = 0,2 \cdot d^3 \quad (8.4)$$

$$W_k = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 10^3 = 200 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Pevností kontrola napětí v krutu je definována rovnicí (8.5)

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk} \quad (8.5)$$

$$\tau_k = \frac{966}{200} = 4,83 \text{ [MPa]}$$

Kontrola dovoleného napětí v krutu je definována rovnicí (8.6)

$$\tau_{Dk} = 0,6 \cdot \sigma_{Dt} \quad (8.6)$$

$$\tau_{Dk} = 0,6 \cdot \sigma_{Dt} = 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot R_m}{k} = 0,6 \cdot \frac{0,6 \cdot 33}{2} = 5,94 \text{ [MPa] [22]}$$

$$\tau_k \leq \tau_{Dk}$$

$$4,83 \leq 5,94 \text{ [MPa]} \dots \text{hřídel vyhovuje na krut}$$

Kde:

P	výkon elektromotoru [W]
M_k	kroucí moment [Nmm]
ω	úhlová rychlost [s^{-1}]
n_9	otáčky [s^{-1}]
W_k	modul průřezu v krutu [mm^3]
d	průměr hřídele [mm]
τ_k	napětí v krutu [MPa]
τ_{Dk}	dovolené napětí v krutu [MPa]
σ_{Dt}	dovolené napětí v tahu [MPa]
R_m	mez pevnosti [MPa]
k	bezpečnost [-]

9 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zkonstruovat a zprovoznit rádiem řízený model vozidla Tatra 815 v provedení „DAKAR“ za použití 3D tisku, ale také rozšíření obzoru ve strojírenském odvětví. Jak jsem si již uvedl v úvodu této práce, 3D tisk je nedílnou součástí tohoto projektu, proto i zde bylo třeba přijít na metodiku nového konstruování, za účelem postavení funkčního výrobku. Inspirací pro tuto práci není vytvoření samotného funkčního modelu, nýbrž předání zkušeností z konstruování a sestavování modelu a to nejen mým spolužákům, ale také široké veřejnosti, a proto jsou veškerá data (modely a návod k sestavení) přístupná na webových stránkách školy. Po dobu několika měsíců byli tři spolužáci vedeni v rámci týmové práce za účelem montáže dalších tří vozidel Tatra 815.

Uvedeným projektem mohou být inspirováni a motivováni jiní nadaní studenti k vypracování zajímavých prací s využitím moderních technologií a jejich samostatných aktivit v rámci školy i mimo ni.

10 POUŽITÁ LITERATURA

1. DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 9783808511503.
2. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Praha: Scientia, 1997. ISBN 9197229946.
3. MIČKAL, Karel. *Technická mechanika I: pro střední odborná učiliště a střední odborné školy*. 4., nezměn. vyd. Praha: Informatorium, 2008. ISBN 9788073330637.
4. MIČKAL, Karel. *Technická mechanika II: pro střední odborná učiliště*. 4., nezměn. vyd. Praha: Informatorium, 2008. ISBN 9788073330644.

11 INTERNETOVÉ ZDROJE

1. Muzeumtatra [online]. 2015 . Dostupné z: <http://muzeumtatra111.cz/Tatra-815-Dakar.html> [cit. 4.2.2022]
2. SLA [online]. Německou: Xometry, 2021. Dostupné z: <https://xometry.eu/en/stereolithography-sla-3d-printing-technology-overview/> [cit. 4.2.2022]
3. SLS [online]. 2021. Dostupné z: <https://www.cadimensions.com/blog/fdm-3d-printing-vs-sls-3d-printing/> [cit. 4.2.2022]
4. FFF/FDM [online]. 2021. Dostupné také z: <https://manufactur3dmag.com/working-fdm-fff-3d-printing-technology/> [cit. 4.2.2022]
5. MJ [online]. 2018. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-material-jetting-process_fig3_325876280 [cit. 4.2.2022]
6. PLA [online]. 2020. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/figure/The-images-are-showing-two-different-material-compositions-of-FDM-thermo-polymers-Left_fig3_321234750 [cit. 5.2.2022]
7. RESIN [online]. Dostupné také z: <https://www.indiamart.com/proddetail/uv-sla-dlp-sla-3d-printer-resin-16309616730.htm> [cit. 5.2.2022]
8. PET lahve [online]. 2018. Dostupné také z: <https://www.svetbaleni.cz/2018/11/29/plastove-lahve-se-zalohou-tri-ctvrtiny-cechu-jsou-pro-vlastni-obaly-zatim-nosit-nehceji/> [cit. 6.2.2022]
9. Soustruh [online]. Dostupné také z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/02000.html> [cit.6.2.2022]
10. Odvod třísky [online]. 2016. Dostupné také z: <https://sciencegifs.csullender.com/2016/03/18/Cutting-steel-under-an-electron-microscope.html> [cit.6.2.2022]
11. Schéma [online]. Dostupné také z: https://hugepdf.com/download/vitralab-4_pdf [cit.6.2.2022]
12. Osy nástroje [online]. Dostupné také z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1294> [cit.6.2.2022]
13. [online]. Dostupné také z: https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/zaklady_soustruzeni.pdf [cit.12.2.2022]

14. Frézka [online]. Dostupné také z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1227> [cit.12.2.2022]
15. Soustružení [online]. Dostupné také z: <https://www.stredniskolaoselce.cz/data/download/file/okal/strojn%C3%AD%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD.pdf> [cit.12.2.2022]
16. bránění [online]. 2018. Dostupné také z: https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_predmety/Nastroje_a_procesy_obrazeni/pr07_Fr%C3%A9zy%20a%20hoblovc%C3%AD%20hlavy.pdf [cit.12.2.2022]
17. Citace v seznamu literatury: TATRA podvozek [online]. Dostupné také z: <https://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/tatrovacka-koncepce/> [cit.20.2.2022]
18. *Mez pevnosti* [online]. 2018. Dostupné také z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vliv-materialu-na-kvalitu-vylisku> [cit.27.2.2022]
19. Materiálový list [online]. Dostupné také z: http://www.akplast.cz/admin/files/ck/files/TechData/PLA-LF_mat_list.pdf [cit.28.2.2022]
20. [online]. Dostupné také z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/45366/slov%C3%A1%20ek_2019_dp.pdf?sequence=6 [cit.28.2.2022]
21. Planetové převody [online]. Dostupné také z: [online]. Dostupné také z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/45366/slov%C3%A1%20ek_2019_dp.pdf?sequence=6 [cit.28.2.2022]
22. Planetové převody [online]. Dostupné také z: <https://slideplayer.cz/slide/2729245/> [cit.28.2.2022]
23. DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 9783808511503 [cit.28.2.2022]
24. SILBERNAGEL, Arnošt. *Náuka o materiálech*. Bratislava: Alfa, 1977. Edíci hutnické literatury . [cit.28.2.2022]

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Speciál Dakar Tatra 815.....	9
Obr. 2 Technologie SLA tisku.....	10
Obr. 3 Technologie SLS tisku	11
Obr. 4 Technologie FDM/FFF tisku	12
Obr. 5 Technologie MJ tisku	13

Obr.6 Resin do SLA tiskárny.....	14
Obr. 7 Mikroskopický pohled na 3D tištěné vrstvy PLA	15
Obr. 8 PET lahve.....	16
Obr.9 Výkres stříhový plán.....	17
Obr.10 Soustruh popis.....	18
Obr.11 Detail odvodu třísky	19
Obr.12 Schéma CNC stroje.....	20
Obr.13 CNC stroje.....	21
Obr.14 Souřadnicový systém u CNC soustruhu.....	21
Obr.15 Frézka.....	22
Obr.16 Druhy frézování.....	22
Obr.17 Způsoby frézování podle polohy osy otáčení.....	23
Obr. 18 Kuželová ozubená kola.....	24
Obr. 19 Sestava ozubených kol	25
Obr. 20 Přední náprava	25
Obr.21 Šasi TATRA.....	26
Obr.22 Planetová převodovka.....	26
Obr.23 Listová pružina.....	27
Obr.24 Prvotní návrh kabiny.....	28
Obr.25 Finální verze sestavy kabiny.....	29
Obr.26 Nadstavba vozidla.....	29
Obr.27 Vnitřní výztuhy	30
Obr.28 Ukázka návodu.....	31
Obr.29 Rozložení tištěných dílů.....	31
Obr.30 Sestavení dílů.....	32

Obr.31 Modely TATRA.....	32
Obr.32 Graf smluvního napětí (R) a poměrného prodloužení (ϵ)	33
Obr.33 Funkce planetové převodovky	34
Obr.34 Pohled na složený převod ozubenými koly	35