

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Elektrické vozítko „E-TRIKE“

Jan Stehlík

Tomáš Voříšek

Rakovník 2013

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 9. Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Elektrické vozítko „E-TRIKE“

Electric vehicle „E-TRIKE“

Autoři: Jan Stehlík

Tomáš Voříšek

Škola: SPŠ Rakovník, Gen. Kholla 2501/II, 269 01 Rakovník

Konzultant: Ing. Jaroslav Redl

Rakovník 2013

Prohlášení

Prohlašujeme, že jsme svou práci vypracovali samostatně, použili jsme pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Rakovníku dne 29. 3. 2013

podpis:

Jan Stehlík

podpis:

Tomáš Voříšek

Poděkování.

Děkujeme panu učiteli Ing. Jaroslavu Redlovi za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které nám během práce ochotně poskytoval. Dále bychom rádi poděkovali naší škole a sponzorům, bez kterých by se náš projekt nemohl uskutečnit.

ANOTACE

Tato práce je orientována na problematiku alternativy dopravních prostředků. V tomto případě se jedná o elektrickou tříkolku poháněnou naakumulovanou energií. Cílem této práce je vozidlo, které bude finančně dostupné, relativně ekologické a do budoucna ho bude možné částečně dobíjet solární energií a energií uvolněnou při brzdění. Náklady na provoz by tedy byly minimální. Účelem práce je ekologický dopravní prostředek, který nahradí na krátkých trasách současné dopravní prostředky, např. automobily, motocykly či hromadnou dopravu, při dojíždění do zaměstnání, škol atp. Tříkolku na elektropohon lze užívat na pozemních komunikacích díky kombinaci nožního pohonu s přídatným elektromotorem.

Klíčová slova: elektrické vozítko, HUB motor, baterie LiFePO4

ANNOTATION

This work focuses on the issue of alternative means of transport. In this case it is an electric three-wheeler powered by accumulated energy. The aim of this work is a vehicle which will be financially affordable, relatively ecological and in the future it will be partly possible to recharge it by solar energy and the energy released by braking. The operating costs thus would be minimal. The purpose of the work is an ecological means of transport such as cars, motorcycles or public transport in short-distance commuting to work, school etc. The electro-three-wheeler can be used on roads thanks to the combination of pedal gearing and additional electric motor.

Key words: electric vehicle, HUB motor, battery LiFePO4

Obsah

Úvod.....	6
1. Rozložení kol.....	7
2. Konstrukce.....	8
3. 3D návrh.....	9
4. Zadní kyvná vidlice.....	10
5. Pohon.....	11
6. Výroba součástek, technologie výroby.....	12
6.1. Výroba přípravku (ohýbačka trubek).....	13
7. Lakování.....	14
8. Doplnky.....	15
9. Plány do budoucna.....	16
9.1. Blatníky.....	16
9.2. Kapotáž.....	16
9.3. Solární panel.....	17
9.4. Přesmykač.....	18
10. Cenová kalkulace.....	19
11. Závěr.....	19
12. Přílohy.....	20

Úvod

Na počátku za námi přišel učitel a zeptal se nás, zda bychom neměli zájem vyrobit na školním zájmovém kroužku prototyp elektrovoztka. Připadalo nám to jako výborný nápad, a tak jsme postupně začali s vývojem. Naším cílem bylo vytvořit v celku jednoduché elektrovoztítko, s co možná největším dojezdem na jedno nabití baterie a co nejmenšími výrobními náklady. Abychom mohli voztítko provozovat na pozemních komunikacích, museli jsme skombinovat elektromotor s lidským pohonem (šlapadly). Vzhledem k jednoduchosti konstrukce jsme se rozhodli pro tříkolovou verzi s hnaným zadním kolem a dvěma řízenými koly vpředu. Takové uspořádání jsme zvolili díky lepšímu rozložení sil při průjezdu zatáčkou, které jsme si graficky načrtli.

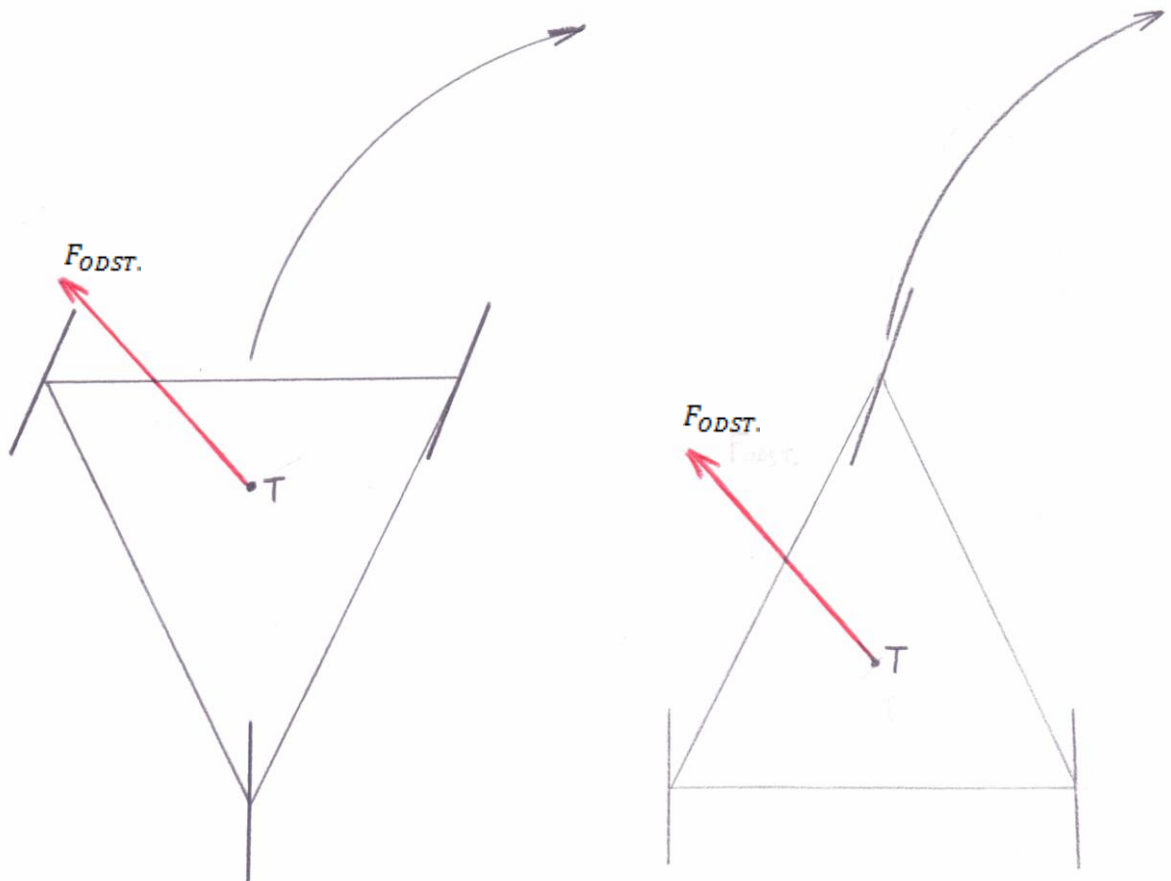
Další rozhodování nastalo při položení otázky, z čeho tříkolku vyrobíme. Co se hmotnosti týče, byla by nejlepší duralová konstrukce, avšak na dílně nemáme potřebnou technologii pro svařování duralu. Nakonec jsme zvolili jako materiál skutečně dural, neboť jsme našli sponzora, který nám byl ochoten technologií TIG za určitých podmínek rám svařit.

Poté jsme započali dlouhou etapu kreslení 3D modelu v počítačové grafice. Kreslením náš projekt začal nabývat nových rozměrů, čímž nás práce začala více bavit, a hned jakmile jsme byli hotoví s výrobními výkresy, byli jsme na dílně každou chvíli a volnou hodinu. Již po pár týdnech pilné práce jsme se mohli těšit z výsledků naší práce. Rám jsme měli svařený a sháněli jsme peníze na to hlavní – pohon. Pro ještě větší jednoduchost a praktičnost jsme se rozhodli pro motor umístěný přímo v zadním kole, který nám spolu s baterií zaplatila škola.

Jakmile jsme měli konstrukci hotovou a složenou, domluvili jsme si místní běžeckou dráhu k testování dojezdu, při kterém se zhruba po 60km vymáčkala zadní vidlice maticí a uvolnila se, čímž vystřelil zadní přesmykač a vážně poškodil kyvnou vidlici. Museli jsme navrhnout novou vidlici, masivnější a pro větší životnost ocelovou. Test dojezdu jsme dojeli s novou vidlicí s výsledkem 67 km. Tuto vzdálenost jsme při jízdě v terénu ještě překonali pravděpodobně díky jízdě z kopců s využitím rekuperace. Postupně jsme tříkolku vybavovali doplňky, které se ukázaly jako velmi praktické, např. zpětným zrcátkem či vlaječkou, abychom byli méně přehlédnutelní v provozu. Samozřejmě, že je stále co vylepšovat a do budoucna plánujeme montáž blatníků, vývoj kapotáže, ale i montáž solárního panelu pro dobíjení baterie během jízdy, díky kterému by se tříkolka stala méně závislou na zásuvce.

1. Rozložení kol

Na úplném začátku jsme se zabývali tím, zda použijeme čtyř, nebo tři kolovou konstrukci. Tříkolovou jsme zvolili kvůli jednoduchosti konstrukce (není třeba diferenciál), tím jsme dosáhli i jisté úspory materiálu a snížení výrobních nákladů. Dále nastal problém umístění kol. Dvě kola v předu a jedno poháněné vzadu jsme zvolili díky výhodnějšímu rozložení sil při průjezdu zatáčkou. Díky lepšímu rozložení sil je vozítko stabilnější při průjezdech zatáčkami, čím se velmi zvýšila i bezpečnost při jízdě.



Obr. 1 Síly při průjezdu zatáčkou

2. Konstrukce

Konstrukci jsme zvolili trubkovou. Nyní nastal problém, jaký použít materiál. Po pečlivém zvážení z jakého materiálu tříkolku vyrobit jsme se rozhodli pro dural. Oproti oceli je lehký, ale i dostatečně pevný. Bohužel na školní dílně máme pouze technologii pro svařování oceli, duralu nikoli. Naštěstí jsme sehnali sponzora, který nám vozidlo ochotně svařil pomocí technologie TIG. Po vyřešení správného sklonu a sbíhavosti kol kvůli dobré stabilitě se mohlo přistoupit k samotné výrobě. Jednotlivé části rámu jsme pečlivě připravili řezáním, zarovnáním čel, vyvrtáním děr, vyfrézováním drážek a rádiusů na svaření. Pro obrábění jsme použili manuální obráběcí stroje, ale také číslicově řízené stroje (CNC). Konstrukce má tvar T se zadní kyvnou vidlicí, s jedním kolem vzadu, šlapadla jsou stavitelná, jezdec si je může nastavit podle své výšky. Sedlo je svařené z ohýbaných ocelových trubek očalouněné speciální sítkou, ve které se velice pohodlně sedí. Sedlo je připevněné k rámu pomocí šroubů, vymezené podložkami ze silonu.



Obr. 2 Celkový pohled

3. 3D návrh

Projekt jsme začali modelováním vlastní konstrukce tříkolky v počítačové grafice v programu Inventor od společnosti Autodesk. Po vymodelování funkčního 3D modelu jsme vygenerovali výrobní výkresy jednotlivých částí konstrukce. Ačkoliv je konstrukce jednoduchá, modelování už tak jednoduché mnohdy nebylo, ale díky tomuto projektu jsme se s programem naučili lépe pracovat. Některé výrobní výkresy jsou přiložené v příloze práce.



Obr. 3 3D návrh

4. Zadní kyvná vidlice

Původní vidlice byla konstruována z duralových trubek, ale bohužel dural neměl dostatečnou tuhost a pevnost. Při testování dojezdu na běžeckém 400m dlouhém okruhu se vymačkalo uchycení zadního kola a následkem se uvolnil přesmykač, který se s řetězem zasekl v zadním řetězovém kolečku, čímž se vidlice stala nepoužitelnou (její návrh můžete vidět v příloze práce). Ihned jsme začali s výrobou nové, tužší a pevnější kyvné vidlice. Nová vidlice je vypálena laserem z 4 mm tlustého ocelového plechu svařena elektrickým obloukem. Kvůli použití ocelového materiálu se stala příliš těžkou. Abychom alespoň z části odstranili tuto nevýhodu, odlehčili jsme ji tak, aby se nesnížil modul průřezu a tím nedošlo ke snížení tuhosti a pevnosti, což napomohlo vzhledové stránce kyvné vidlice a tím pádem i celé tříkolky. Pro větší komfort jízdy jsme použili zadní centrální tlumič, ale v praxi se ukázalo, že použití pouze zadního tlumiče nestačí. Aby byl komfort jízdy znatelně lepší, musela by být odpružena přední kola. Toto by ale bylo po technické stránce mnohem složitější a náročnější, proto jsme tuto variantu nerealizovali.



Obr. 4 Detail nové kyvné vidlice

5. Pohon

Tříkolku pohání elektromotor o výkonu 1kW při napětí 48V a maximálním proudu 50A. Motor je umístěný ve středu zadního kola o velikosti 20". Tento motor disponuje dostatečným výkonem a jeho teoreticky dosažitelná rychlost je 45km/h. Skutečnost je však taková, že při zatížení člověkem o váze 80kg dosahuje maximální rychlosti 37km/h. Motor je vybaven třemi Halovými sondami, díky kterým motor pozná, jakým směrem se má rozpohybovat (vpřed, nebo vzad). Je také vybaven řídicí jednotkou, která zajišťuje dobíjení akumulátoru při brzdění – rekuperace. Při využití rekuperace lze s tříkolkou dosáhnout většího dojezdu na jedno nabití. Motoru dodává energii baterie LiFePO4 48V – 17Ah. Baterie není příliš lehká, a proto jsme ji umístili pod sedačku, abychom měli nižší těžiště a předešli tak případnému převrnutí tříkolky. Tato baterie se používá například i pro pohánění elektrických skútrů. Baterie disponuje systémem BMS (battery management system), který zabrání případnému podbití baterie odpojením odběru proudu, což zvyšuje její životnost.



Obr. 5 Celkový pohled na baterii, regulátor a motor

6. Výroba součástek, technologie výroby

K výrobě součástek jsme použili jak konvenční obráběcí stroje, jako jsou například soustruhy, frézky a vrtačky, tak pro tvarově složitější součásti i číslicově řízené (CNC) stroje, jako jsou CNC soustruh a CNC frézka. Někdy byla nutná i ruční práce jako je pilování, broušení a řezání. Všechny tyto technologie jsou běžně dostupné na naší školní dílně, nebyl tedy problém s výrobou součástek. Další technologie, kterou jsme neměli k dispozici a byla nutná k výrobě některých dílů (zadní kyvná vidlice), je výroba plochých, ocelových výpalků laserem u místní firmy. Svařování duralových trubek se uskutečnilo pomocí metody TIG. Ocelové části konstrukce jsme svařovali technologií MIG, neboť je dostupná na naší školní dílně a mohli jsme si je svařit sami. Další technologie, kterou jsme využili, bylo ohýbání trubek za studena na námi vyrobeném přípravku (ohýbačce).



Obr. 6 Obrábění

6.1 Výroba přípravku (ohýbačka trubek)

Pro výrobu sedla bylo potřeba ohýbat trubky. Při nahřátí a ohnutí trubky bez přípravku by došlo k její deformaci, vyrobili jsme si proto jednoduchou ohýbačku. Ohýbačka je zhotovena ze dvou kladek proti sobě s pákou. Větší kladka se uchytí pomocí upínky např. ke stolu vrtačky, trubka se vsune mezi kladky s pákou, která otáčí menší kladkou, a ohne se na požadovaný úhel. Mezera mezi kladkami je rovna průměru trubky, díky tomu nedochází k její deformaci. Přípravek je proto pouze pro jeden průměr trubky.



Obr. 7 Přípravek – ohýbačka

7. Lakování:

Po zhotovení rámu nastala otázka, co s jeho povrchem. Zda ho nechat bez povrchové úpravy, nebo nalakovat. Po konzultaci jsme se rozhodli pro lakování a shodli se i na zelené barvě. Barvu jsme použili práškovou, vypalovací, která je vysoce kvalitní, výborně kryje a je odolná proti otěru a vlivům počasí. Barva se chytá elektricky, dá se tedy použít pouze na vodivé materiály, povrch musí být zdrsňený, toho dosáhneme pískováním nebo tryskáním. Následně se barva vypálí v peci. Lakování bylo zajištěno sponzorem.



Obr. 8 Díly po lakování

8. Doplnky

Pro zvýšení komfortu a bezpečnosti jsme tříkolku vybavili některými drobnostmi, bez kterých takřka nelze vozidlo provozovat. Jedná se zejména o odrazky, jak předu, tak v zadu, ale také o osvětlení, jako je přední led-diodové světlo a zadní blikačka. Jelikož je vozidlo nízké a v provozu lehce přehlédnutelné, vybavili jsme jej vlaječkou z reflexního materiálu. Protože se na sedačce dá otáčet pouze málo, je na levé straně namontováno zpětné zrcátko pro bezpečné sledování provozu za tříkolkou. Abychom mohli přesně sledovat ujetou vzdálenost na jedno nabití, celkovou ujetou vzdálenost a rychlost jízdy, umístili jsme na pravé řídítko digitální tachometr. Jeden z prvních našich postřehů při jízdě byl i ten, že nás bolelo za krkem. Tento problém jsme vyřešili montáží hlavové opěrky.



Obr. 9 Detail měřicí techniky

9. Plány do budoucna

Na tříkolce je stále mnoho věcí, které bychom chtěli namontovat, vylepšit či vyladit. Protože nám mimo školu zbývá volného času čím dál méně, jsou to plány v rozmezí několika měsíců a některé věci budeme muset přenechat spolužákům z nižších ročníků, neboť je zkrátka nestihneme realizovat.

9.1 Blatníky

Z počátku jsme jim nevěnovali pozornost a s prvním testováním, kdy bylo takřka ideální počasí, nám ani nescházely. Bohužel již první vyjíždka v normálních podmínkách nám osvětlila jejich nutnost. Ujeli jsme jen pár kilometrů a museli jsme se vyhýbat loužím či blátu. U bicyklu, tedy u jednostranného vozidla, je hračka se takovým překážkám vyhnout, ale naše vozidlo je třístopé, čímž je třikrát obtížnější se loužím vyhnout a následky jsou poněkud nepříjemné. Buď jsme částečně promočeni, nebo jsme od bahna. Už víme, že ne vždy to mají testovací jezdci jednoduché. Samotná montáž blatníků už nebude tak jednoduchá, neboť na přední kola se nám takřka nevejdou a navíc je není kam připevnit. U zadního kola máme místa dost, ale nastal opět problém, kam blatník upevnit. Částečně už to máme vymyšlené, jen nám ještě zbývá ten nápad realizovat.

9.2 Kapotáž

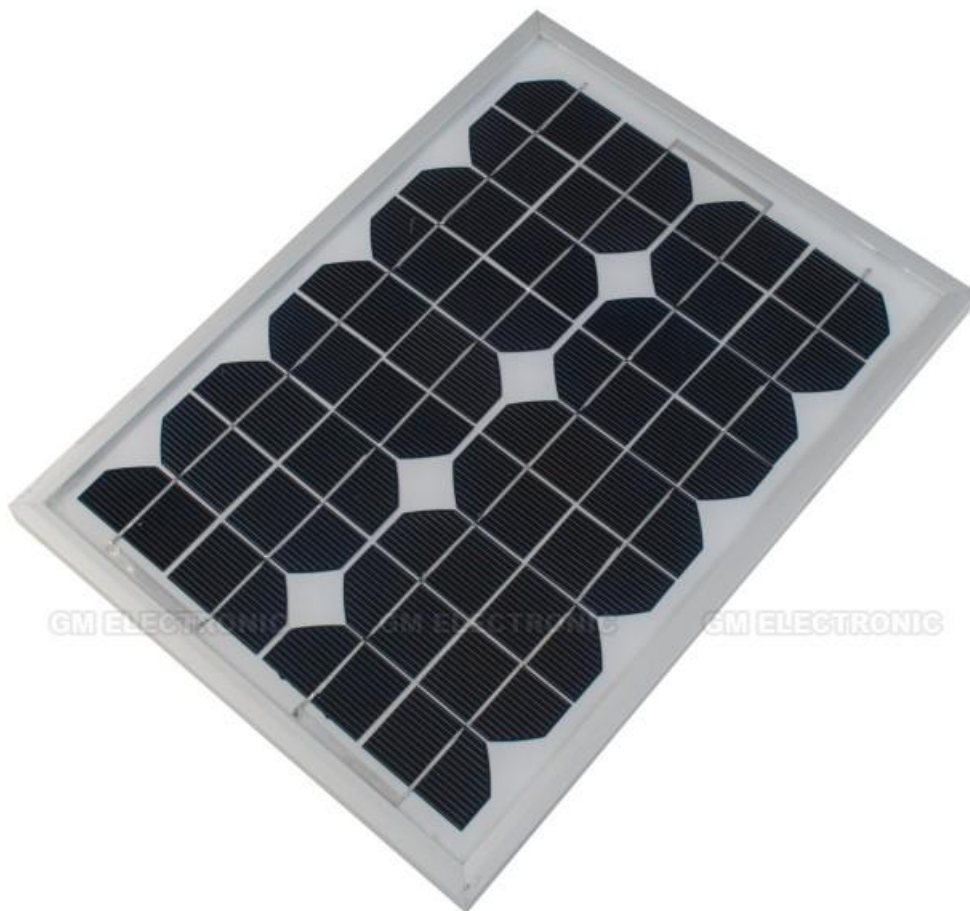
Velmi zajímavá se nám jeví i možnost alespoň částečně tříkolku zastřešit. Byli bychom méně závislí i na počasí. Zatím je ale spousta neznámých, které ještě čekají na vyřešení, jako například, zda použít tabule plexiskla, či si vyrobit svůj vlastní tvar ze sklolaminátu, nebo raději zainvestovat do nějakého již vyráběného krytu. Pro případnou montáž musíme umístit na vhodná místa i držáky, na které bychom kapotování přichytili. Dbát bychom měli i na aerodynamiku konstrukce a její tuhost, aby byla zajištěna její odolnost hlavně proti povětrnostním vlivům.



Obr. 10 Částečná kapotáž

9.3 Solární panel

Uvažujeme o montáži solárního panelu o rozměrech cca 300x250x15mm nad zadní kolo, který by dobíjel akumulátor. Díky solárnímu panelu by se nám za slunného počasí mohl prodloužit dojezd až o několik kilometrů, nebo bychom ho mohli využít k nabíjení elektrických spotřebičů, jako je mobilní telefon, anebo notebook. Při sladění rekuperace a solárního panelu bychom s naší tříkolkou mohli dosáhnout dojezdu až osmdesáti kilometrů, což je už velmi slušné.



Obr. 11 Solární panel

9.4 Přesmykač

Zadní přesmykač máme již namontovaný a zbývá nám připevnit přední a rozvést lanka. Doposud je naše tříkolka jednorychlostní, pohybující se spíše elektromotorem, a tímto krokem by se stala na něm méně závislá.



Obr. 12 Detail přesmykače

10. Cenová kalkulace

Celkové náklady na výrobu a nákup všech součástí se vyšplhaly na částku cca 35 000Kč počítáno bez práce. Díky sponzorům, kteří se na tomto projektu podíleli jak finančně (lakování zprostředkovala firma Jan Stehlík sanace-opravy-rekonstrukce), tak i poskytnutím svých služeb (svařování duralových trubek zajistila autodílna Pavlíček a řezání laserem firma Zámečnictví J. Gaier) byly celkové náklady znatelně nižší.

Přibližné ceny nakoupených součástí v Kč:

Motor	7.000,-
Baterie	14.000,-
Kola	1.200,-
Brzdové bubny	3.000,-
Tachometr	300,-
Sedačka	1.500,-
Představec řidítek	500,-
<u>Ostatní (lanka, šrouby)</u>	<u>5.000,-</u>
Celkem	32.500,-Kč

11. Závěr

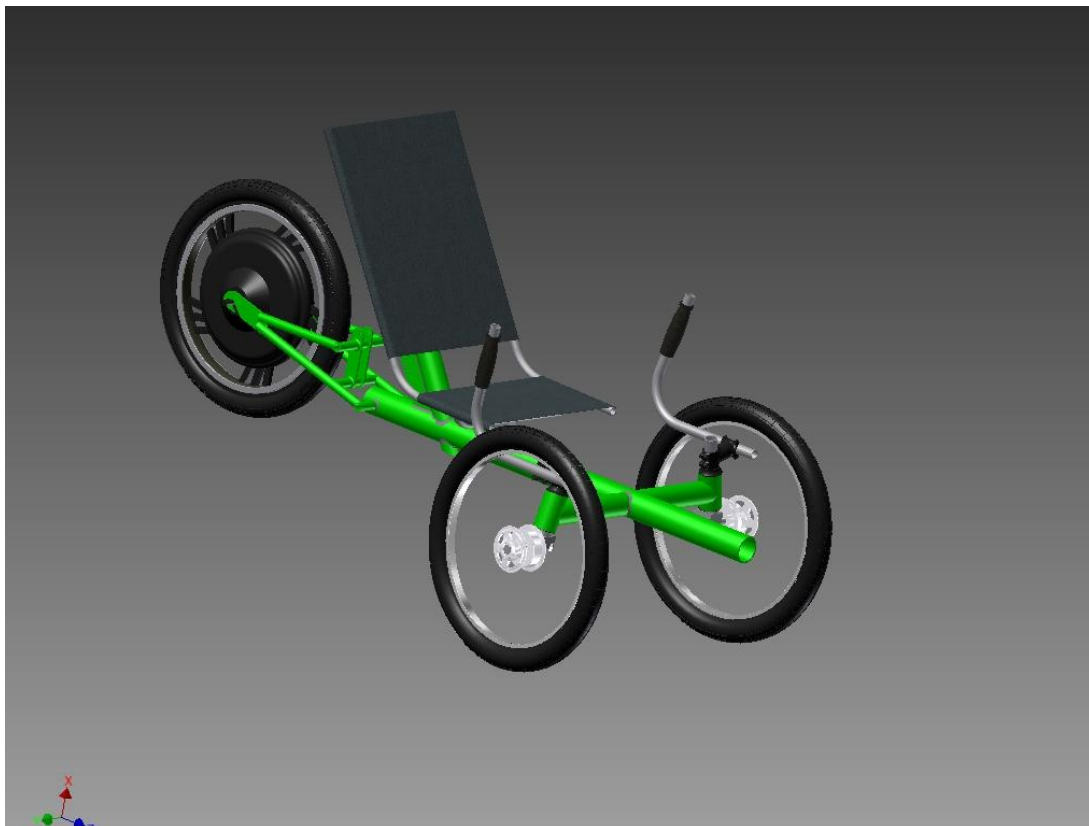
Práce na tomto projektu nás nejen bavila, ale především nás obohatila o mnoho cenných zkušeností. Naučili jsme se pracovat s některými stroji a nástroji, o kterých jsme ani nevěděli, že je na školní dílně máme. Má-li někdo nutkání se do něčeho podobného pustit, tak mu to můžeme jen doporučit, neboť jsme zažili při stavbě i mnoho legrace. Není lepší pocit, než když se do něčeho pustíte a je vidět po těch dlouhých hodinách práce nějaký výsledek.

12. Přílohy

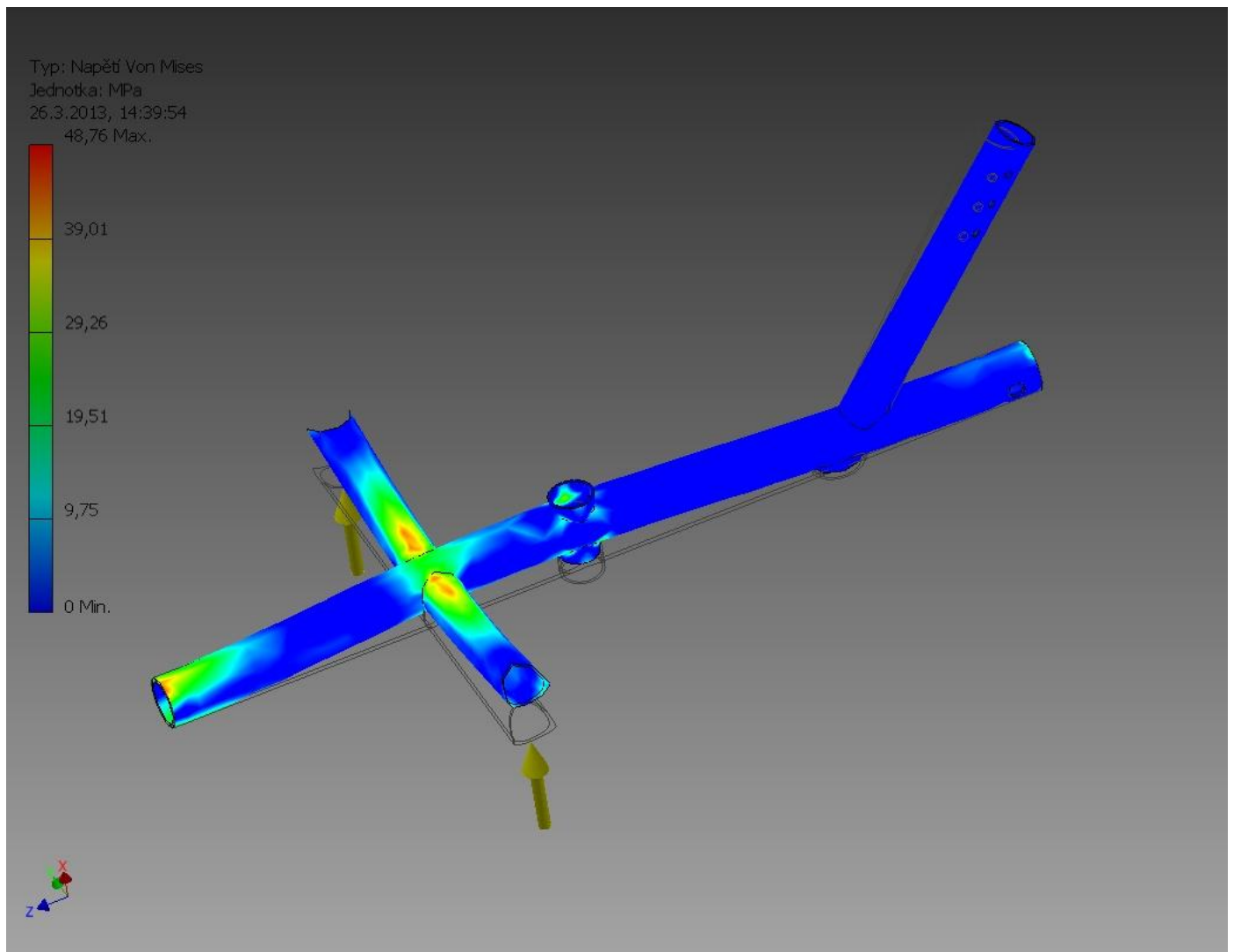
- Obrázky 3D modelů v CAD
 - Pohled na celek
 - Pevnostní analýza rámu
- Některé výrobní výkresy
- Fotografie
 - Frézování děr
 - Svařování duralového rámu
 - Testování dojezdu na běžeckém okruhu
 - Fotografie tříkolky a některé detaily konstrukce
 - Ohýbačka

1. Obrázky 3D modelů v CAD

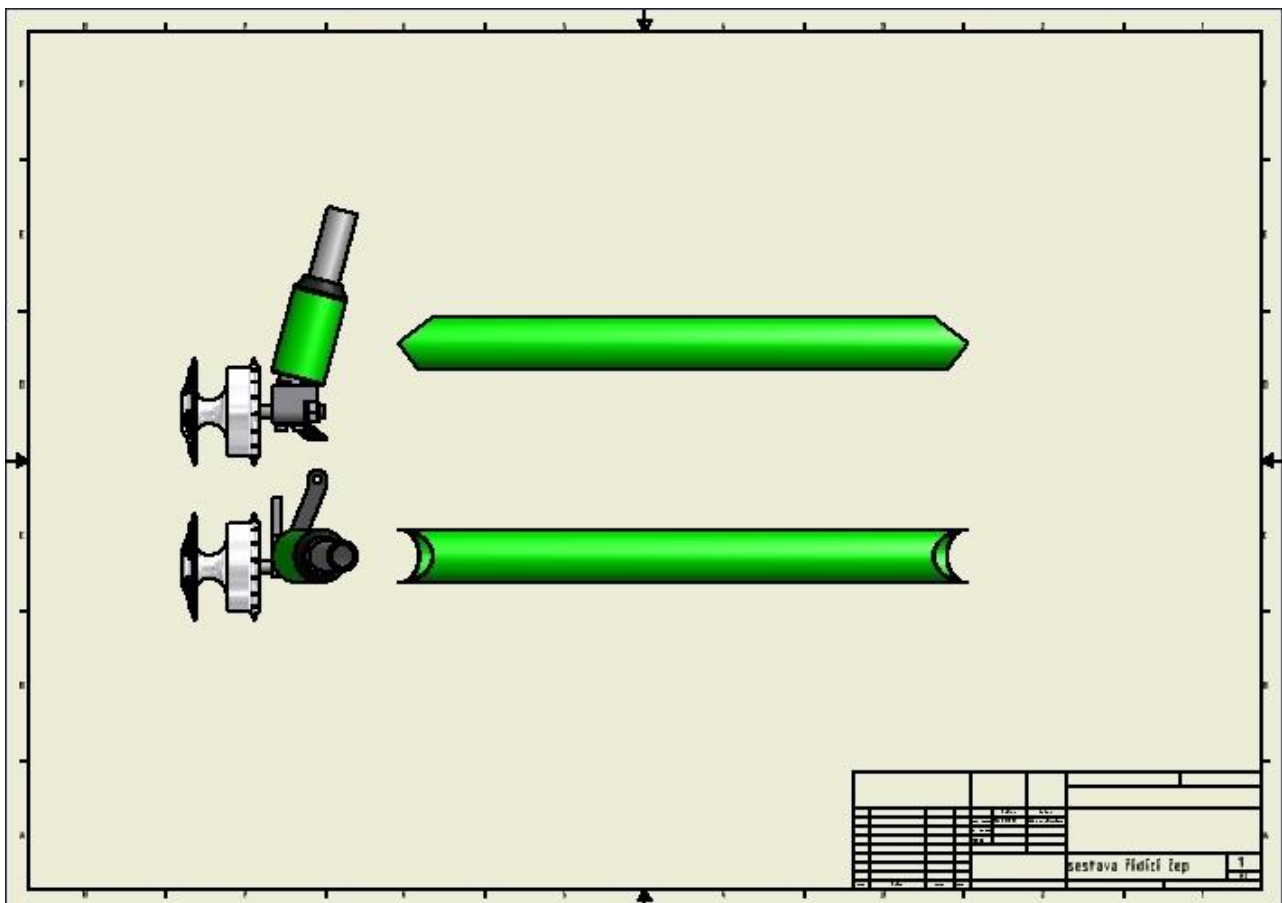
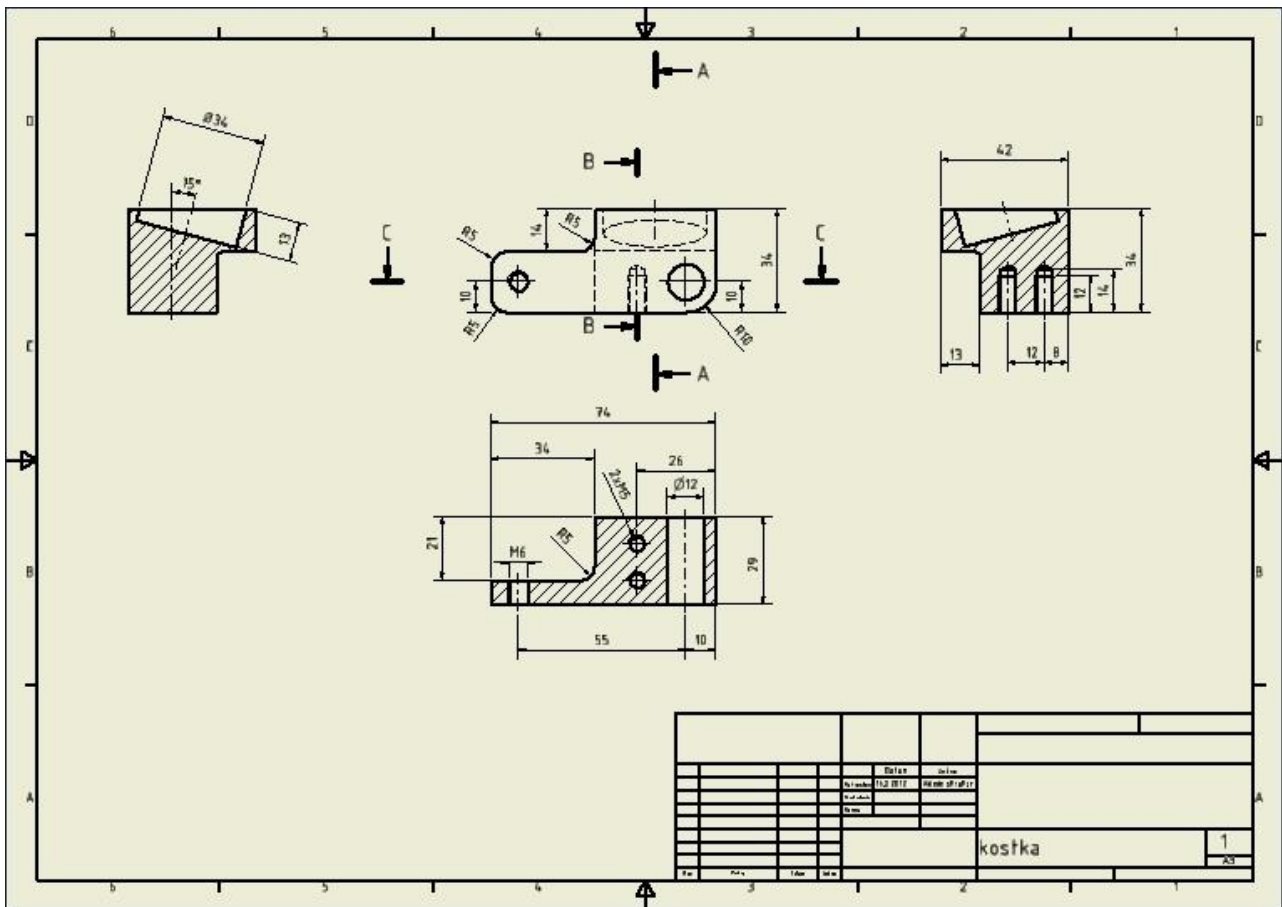
1.1 Pohled na celek

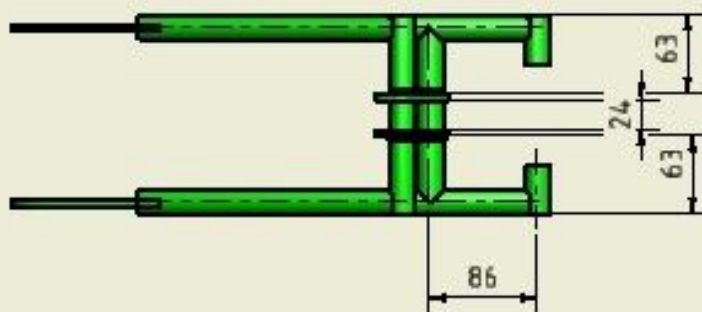
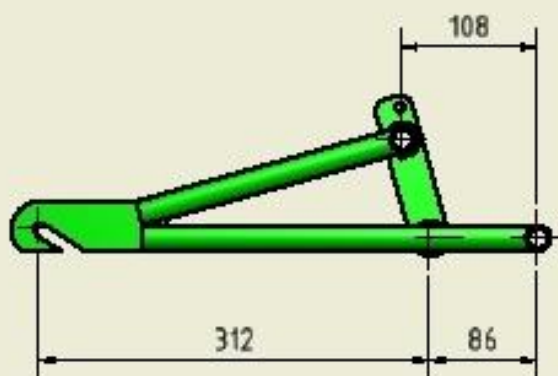
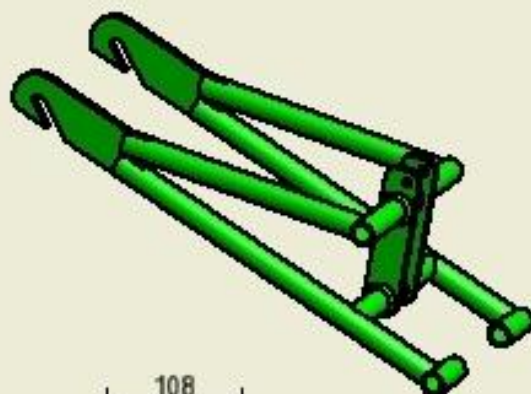


1.2 Pevnostní analýza rámu

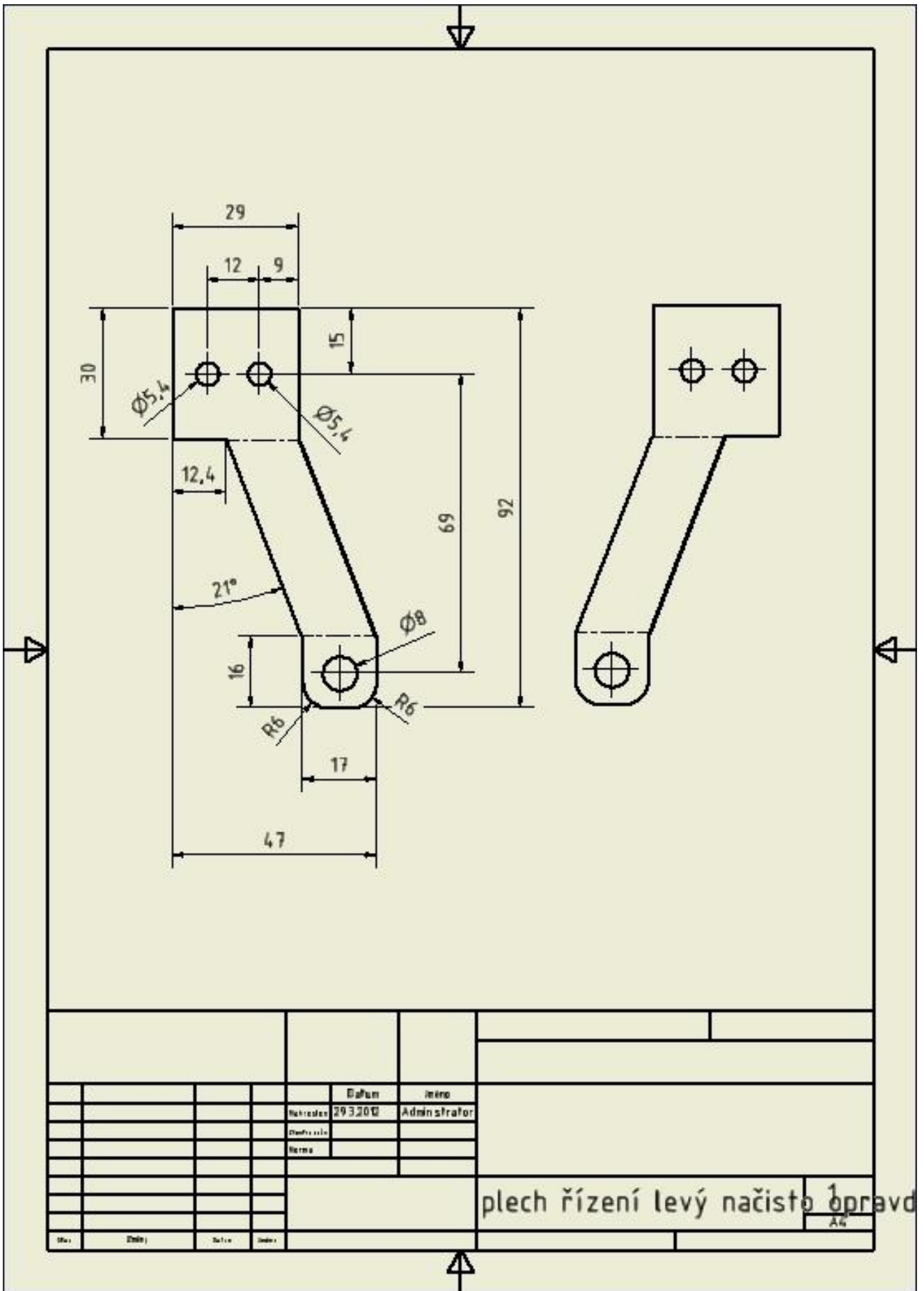


2. Některé výrobní výkresy





			Datum	Jméno																		
			Schválil	16.3.2012	Administrátor																	
			Upraveno																			
			Prostředí																			
			Název																			
			zadní vidlice						1													
															A4							
Název	Objekt	Stavba	Objekt																			

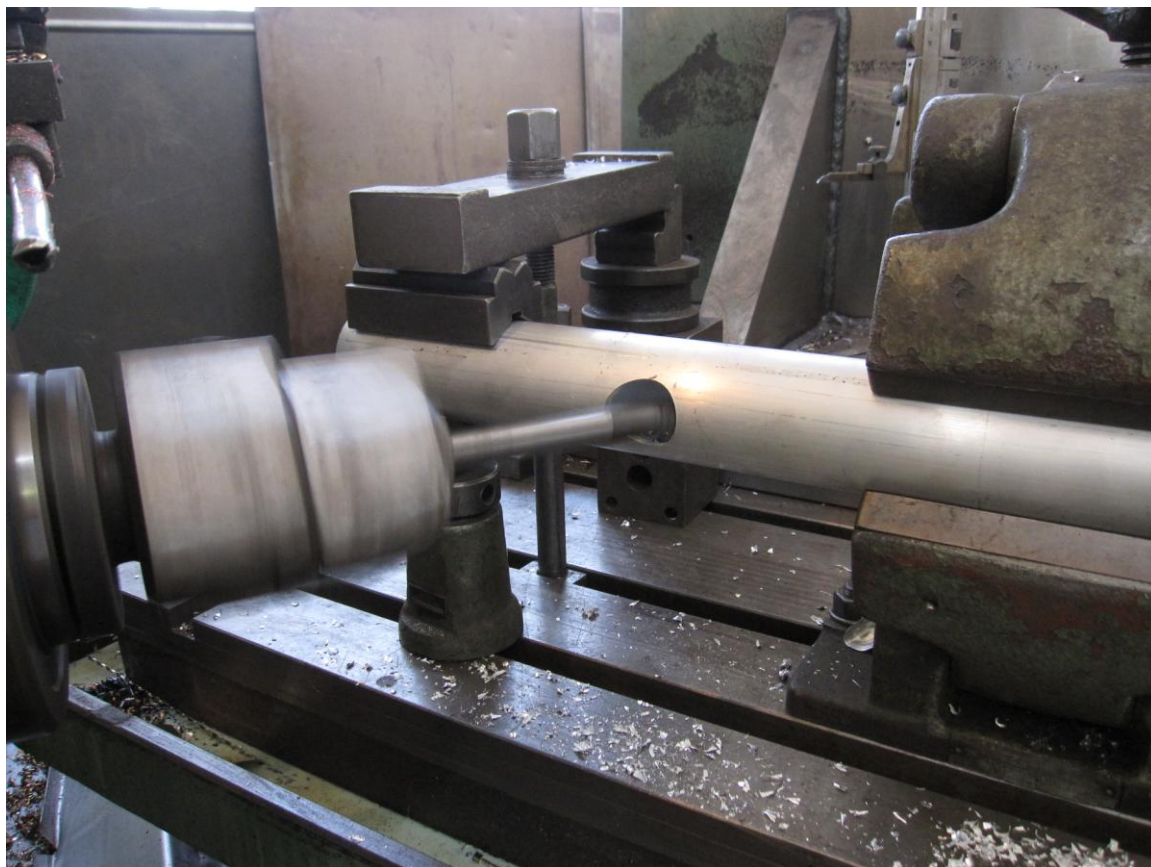


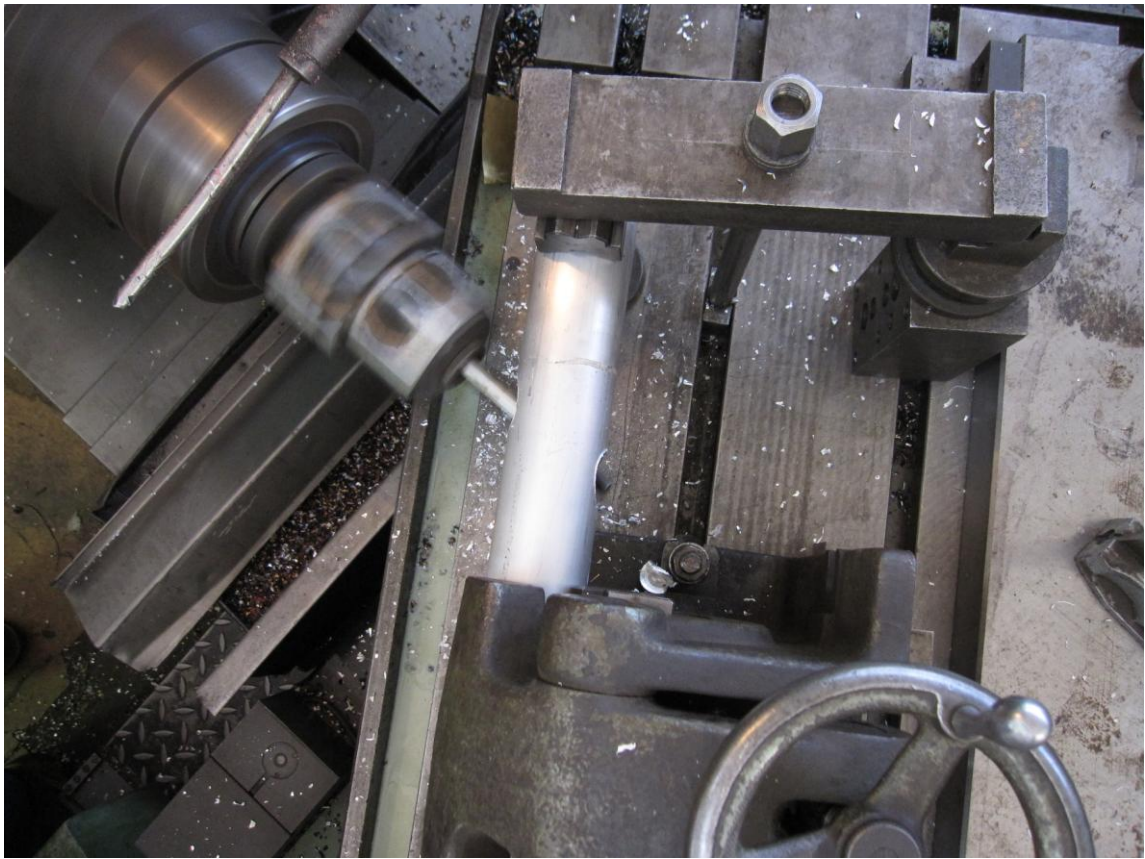
		Datum	Imeno		
		Nakreslen	29.3.2008	Administrátor	
		Dispozice			
		Norma			

plech řízení levý načisto opravd
A4

3. Fotografie

3.1 Frézování děr





3.2 Svařování duralového rámu



3.3 Testování dojezdu na běžeckém okruhu



3.4 Fotografie tříkolky a některé detaily konstrukce







3.5 Ohýbačka

